



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Trabajo Final de la Licenciatura en Geología de la
Facultad de Ciencias Naturales y Museo
Universidad Nacional de la Plata, Argentina

“Estudio bioestratigráfico de las plantas
fósiles de la Formación Tunas, Pérmico
Inferior del Sistema de Ventania, Provincia
de Buenos Aires”

Autor: Sr. Gerónimo Otero

Directora: Dra. Eliana Paula Coturel

Codirector: Dr. Marcos Comerio

2019

Quiero agradecer a mis directores, la Dra. Eliana Paula Coturel y el Dr. Marcos Comerio, por su apoyo y amistad durante todo el proyecto.

A quienes integran la División Paleobotánica del Museo de Ciencias Naturales de La Plata por recibirme en su espacio laboral al desarrollar este trabajo.

A las Cátedras de Geología Argentina y Paleobotánica que me permitieron realizar dos campañas a la zona de estudio.

A mi amor y amistades; que estuvieron siempre acompañando y dándome fuerzas a cada momento desde el inicio de mi vida académica.

Y especialmente a mi padre, madre y familiares que, a pesar de la distancia, siempre estuvieron para mí y me incentivaron a ser mejor persona.

RESÚMEN

En el siguiente trabajo se estudió la sucesión sedimentaria conformante de las Sierras de Pillahuincó, denominada Formación Tunas (Pérmico Inferior) y la flora fósil hallada en la sección aflorante en la Estancia San Antonio, ubicada a alrededor de 5 km hacia el NNO de la cantera Las Mostazas. El objetivo del estudio es caracterizar la bioestratigrafía, el ambiente sedimentario y poder echar luz sobre las condiciones paleoambientales que influyeron en su deposición. Se postuló que los procesos y el ambiente sedimentario jugaron un papel clave en la preservación de la flora y que la diversidad de esta es mayor que lo conocido hasta el momento. Para cumplir los objetivos se relevó un perfil de la secuencia sedimentaria, donde se reconocieron 3 niveles fosilíferos de los que se recuperaron numerosos ejemplares. Del análisis sedimentológico se determinaron, 3 ciclos granocrecientes donde dominan bancos arenosos, con abundantes estructuras tractivas y secundariamente intervalos heterolíticos y pelíticos que se encuentran en su mayoría tapadas por suelo, pero cuyos estratos aflorantes son portadores de abundantes impresiones vegetales. Estos depósitos se corresponden con sistemas fluviales arenosos y de planicie de inundación interpretados como la parte proximal de un sistema deltaico. Mediante la descripción sistemática del material fósil se pudieron identificar frondes de *Glossopteris* y *Gangamopteris* en asociación con tallos equisetales, aunque sin hallar estructuras reproductivas en ambos casos. El hallazgo mas importante se trató de numerosas pínulas pecopterídeas pertenecientes al género *Asterotheca*, descritas por primera vez para esta unidad. La definición de esta asociación paleoflorística permitió realizar comparaciones cuantitativas y cualitativas con las floras de otras cuencas neopaleozoicas aledañas; y realizar observaciones sobre los factores que condicionaron su representación en el registro.

ABSTRACT

The following work analyzes the sedimentary succession forming the Pillauincó hills, known as the Tunas Formation (lower Permian) and the fossil flora documented in its outcrops located at San Antonio Ranch, 5 km away to the NNW from Las Mostazas quarry. The main objective is to define the biostratigraphy, the depositional environment and shed some light over the conditions that took place in its origins. It's been proposed that the sedimentary environment and the associated processes, play a key role in the fossil preservation and that the diversity of the plant fossils is greater than what is known to date. To meet this goals, a sedimentary log was surveyed at the study area and 3 fossil bearing levels were founded. The analyzed column represents 3 sandprone coarsening-upwards cycles capped by amalgamated sandstone bodies with abundant paleocurrent indicators and secondary dark red shale and heterolithic intervals are observed that correspond with the fossil occurrence. These deposits represent sendy fluvial and floodplain systems interpreted as the proximal parto f a delta. Through systematic description of the fossil material, *Glossopteris* and *Gangamopteris* leaves have been identified in association with *Paracalamites* stems although without finding any fertile structures. The more relevant finding is related to the documentation of many midribs with pecopteris pinnules in organic connection identified as genus *Asterotheca*. Defining the floral association allow us to compare with near neopaleozoic basins floras and study the factors that determine its preservation.

ÍNDICE

Introducción	1
Objetivos e Hipótesis	2
Antecedentes	3
Marco Geológico	5
Sistema de Ventana.....	5
Grupo Pillahuincó.....	6
Formación Tunas.....	9
Cuencas gondwánicas neopaleozoicas.....	10
Materiales y métodos	13
Trabajo de gabinete y campo.....	13
Trabajo de laboratorio.....	13
Resultados	14
Descripción sedimentológica.....	14
Interpretación sedimentológica.....	17
Descripciones sistemáticas.....	19
<i>Paracalamites australis</i>	19
<i>Asterotheca sp</i>	22
<i>Gangamopteris obovata</i>	24
<i>Glossopteris indica</i>	25
<i>Glossopteris wilsonii</i>	25
Lámina I.....	27
Lámina II.....	29
Lámina III.....	31
Lámina IV.....	33
Lámina V.....	35
Discusiones	37
Tafonomía.....	37
Paleoecología y paleoambiente.....	38
Bioestratigrafía.....	39
Consideraciones Finales	45
Bibliografía	46

INTRODUCCIÓN

La Formación Tunas, Pérmico inferior del Sistema de Ventania, aflora en el sector oriental del conjunto serrano de Pillahuincó en el sur de la provincia de Buenos Aires. Esta serranía le da nombre al grupo que representa el relleno Carbonífero Superior a Pérmico Inferior de la cuenca de Sauce Grande (Harrington, 1947; Ramos et al., 2014). Se compone de los depósitos glacial marinos representados por la Formación Sauce Grande, seguidos de una transgresión postglacial sobre un plataforma en constante somerización que dio origen a los depósitos de las formaciones Piedra Azul y Bonete. La sucesión culmina con los depósitos fluviodeltaicos progradantes de la formación Tunas, descritos como secuencias estrato- y grano-crecientes, caracterizadas por la dominancia de facies de areniscas pardo-rojizas, de texturas medias a finas, típicamente masivas o laminadas, y muchas veces con óndulas asimétricas; que en algunos sectores, estas secuencias inician con niveles pelíticos a heterolíticos con abundantes impresiones vegetales y terminan en potentes estratos arenosos con canalizaciones (Zabala et al., 1993; López-Gamundí et al., 1995; Andreis y Japas, 1996; López-Gamundí y Rosello, 1998).

El contenido megaflorístico del Grupo Pillahuincó está concentrado en las formaciones Bonete y Tunas. Para la Formación Bonete, Harrington (1934, 1955) describe fauna de Eurydesma y flora de Glossopteris; por sus componentes Archangelsky y Cúneo (1984) proponen una edad asseliana – artinskyana para la formación; por otro lado, para la Formación Tunas se conocía menor cantidad de especies (*Glossopteris indica*, *Gangamopteris obovata*, *Paracalamites levis*, *Phyllothea* sp. y Licópsidas sin determinar, en Arrondo y Petriella, 1982; Ruiz y Bianco, 1985; Andreis y Japas, 1996) y recientemente Sato et al. (2017) reportaron el hallazgo de *Asterotheca* sp. junto a restos de equisetales.

La presencia de niveles tobáceos en el tramo medio a superior de la unidad, descritos por Iñiguez (1988), permitieron numerosas dataciones isotópicas que asignan la unidad al Pérmico Temprano (ej. Ramos et al., 2014).

Los últimos estudios realizados en el faldeo oriental de las sierras Australes revelan la necesidad de actualizar e integrar el conocimiento bioestratigráfico y geocronológico de sus unidades, especialmente en la Formación Tunas, donde la evidencia indica que esta formación tendría una diversidad mayor que la conocida en la actualidad (Sato et al., 2017). Por este motivo, el estudio de las floras halladas en el área de estudio que se analizarán en este Trabajo Final de Tesis es relevante e inédito para el conocimiento del registros paleobotánico de la Formación Tunas.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

En base a los antecedentes expuestos en el apartado previo, se plantea como hipótesis a probar:

1. Los procesos sedimentarios y el ambiente deposicional junto a procesos post-depositacionales (diagenéticos y metamórficos) influyen en la preservación de la flora y por lo tanto en el registro paleontológico
2. El hallazgo de nuevos niveles y localidades fosilíferas permitirá comprobar que la diversidad de la flora de la Formación Tunas es más amplia que lo previamente conocido.

Este trabajo tiene como objetivo la caracterización paleoflorística a nivel sistemático de la Formación Tunas y su comparación con la flora de la Formación Bonete, y formaciones pérmicas de cuencas gondwánicas aledañas:

- ◆ Formaciones Arroyo Totoral y Bajo de Véliz en la Cuenca Paganzo.
- ◆ Fm. La Golondrina en la cuenca homónima.
- ◆ Fm. Carapacha en la cuenca homónima.
- ◆ Formaciones Bahía Choiseul y Estrecho San Carlos en la cuenca de Islas Malvinas.
- ◆ Fm. El Imperial en cuenca de San Rafael.
- ◆ Fm. Río Genoa en cuenca de Tepuel Genoa.
- ◆ Fm. Río Bonito en Cuenca Paraná, en Brasil.
- ◆ Fm. Whitehill en cuenca del Karoo en Sudáfrica.

Para tal fin se realizará el relevamiento, descripción y muestreo de una sección sedimentaria aflorante en el sector oriental de las Sierras Australes, y la caracterización morfológica y sistemática de los fósiles extraídos.

ANTECEDENTES

Las investigaciones sobre el Grupo Pillahuincó comenzaron a finales del siglo XIX con las observaciones de Haunthal en las cuales describe depósitos conglomerádicos, los que denomino “Conglomerados de Sauce Grande”. Ya entrado el siglo XX, en 1916, Keidel retoma el estudio de estos conglomerados y reconoce su génesis, la que describe como Glacio-marina y renombra la secuencia como “Serie Sauce Grande”. En 1930, Schiller mapea los afloramientos neopaleozoicos y los refiere al carbonífero pérmico. Pero el aporte más importante lo hace Horacio Harrington en 1934, donde reúne todas las unidades dentro de la “Serie Pillahuincó” y denomina como “Grupos” a las formaciones ya con las denominaciones actuales. Luego en 1947, describe los hallazgos de *Glossopteris* y *Gangamopteris* presentes en el “Grupo Bonete”, lo cual le permite definir una edad Pérmica, a la vez que realiza un relevamiento cartográfico de la geología en una escala 1:200.000, nombrado Hojas 33 M y N, donde también reporta la presencia de fauna de *Eurydesma*, lo que permite afinar las correlaciones faunísticas y paleogeográficas con otras cuencas gondwánicas. Recién en 1955, Harrington, les otorga el término de “Formación” a las “Series” y las incluye dentro del Grupo Pillahuincó, cumpliendo con el reciente Código de Nomenclatura Estratigráfico y recibiendo la denominación actual.

Aún en 1969, Borrello, describe las unidades del Grupo Pillahuincó en el marco de las teorías de los geosinclinales, incluyéndolas dentro de las “moladas paleoídicas”.

Andreis et al. (1979), aborda la sedimentología individual de la Fm. Tunas, reconociendo complejos arreglos litofaciales, patrones de paleocorrientes y definiendo el ambiente deposicional.

Arrondo y Petriella (1982) describen en Fm. Tunas, *Glossopteris indica*, *Gangamopteris obovata*, *Paracalamites levis* y *Phyllothea* sp. Estos autores también reportaron en la zona interserrana, haber hallado *Bumbudendron* cf. *B. millani*; pero más tarde, en 2000, Cingolani & Morel et al. redescubren los materiales como *Malanzania nana* y corrigen el sitio del hallazgo a la Fm. Sauce Grande. Mientras que, en 1985, Ruiz y Bianco, describen por primera vez Licópsidas sin determinar género o especie.

Hacia la década del noventa, numerosos trabajos abordan la sedimentología de la formación. Iñiguez (1988) estudia la mineralogía de los niveles tobáceos ubicados en la parte superior de la formación. Más tarde, Andreis & Cladera (1992) y López-Gamundí et al. (1995) retoman el estudio sedimentológico y de paleocorrientes e incluyen análisis composicionales, estimaciones fuentes de aporte y reconocen indicios de deposición sinorogénica. Luego, López-Gamundí & Rosello (1988) abarcan las correlaciones bioestratigráficas con las cuenca de Karoo.

En la última década, se han realizados muchos aportes, además del reporte de *Asterotheca* sp. cf. *A. andersonii* en Formación Tunas por Sato et al. (2017), se ha estudiado la secuencia completa de la formación incluyendo intervalos no aflorantes encontrados en perforaciones realizadas tanto en la cuenca de Claromecó, en los cuales G. Arzadun et al. (2016) describen niveles carbonosos y su potencial como roca madre; como en el subsuelo de la plataforma marina donde los testigos recuperados poseen palinomórfos que fueron estudiados por L. Balarino (2012). También se han realizado numerosas dataciones isotópicas sobre niveles tobáceos con varios métodos, las cuales se abordan en el marco geológico. Pángaro et al. (2015) propusieron la continuidad de la cuenca de Sauce Grande con la cuenca Chaco-Paranaense, Karoo y Carapacha; cuya depositación abarcó desde el pensilvaniano hasta el Triásico y a la cual denominan Cuenca de las Hespérides.

MARCO GEOLÓGICO

Sistema de Ventania

La cubierta paleozoica del sistema de ventana se extiende formando un conjunto serrano en un área de 2000 km², donde el basamento cristalino aflora a lo largo del borde oeste de la sierra de Curamalal.

El basamento se compone de varias unidades y se encuentra intensamente milonitizado. En el sector oeste del sistema, donde están en contacto el basamento y la cubierta paleozoica, se hallan relacionados mediante un cinturón ultramilonítico donde los planos axiales buzan en dirección noroeste (Harrington, 1947; Suero 1972) alcanzando un grado metamórfico de facies de esquistos verdes (von Gosen et al., 1990, 1991; Ballivián Justiniano et al., 2019).

La cubierta sedimentaria se encuentra intensamente plegada y metamorfozada, pero su intensidad y grado metamórfico decrecen en las sucesivas unidades en dirección NE. Evidencias paleomagnéticas (Tomezzoli, 1999, 2001; Tomezzoli y Vilas, 1999) indican un evento deformacional de edad pérmica temprana, también indicado por depósitos sinorogénicos de esa edad (López-Gamundí y Rossello, 1998), mientras que otros autores indican un evento previo de edad Devónica tardía a Carbonífera temprana (Massabie y Rossello, 1984; Tomezzoli, 2012; Ballivián Justiniano et al., 2017).

La estratigrafía paleozoica de la sierra de la ventana se compone de tres grupos limitados por discordancias que ocupan el rango temporal del Cámbrico al Pérmico temprano. El más antiguo es el Grupo Curamalal, compuesto de un conglomerado basal, denominado Fm. La Lola, seguido de varias unidades de areniscas cuarzosas, Formaciones Mascota, Trocadero e Hinojo, esta última culminando con sedimentos finos, todas unidades que fueron depositadas en ambientes de plataforma estable (Harrington, 1947; Andreis et al., 1989). Harrington estimó un espesor total de 1200 metros para todo el Grupo Curamalal.

El Grupo Ventana se deposita sobre el Grupo Curamalal mediante una discordancia erosiva (Harrington, 1947), comienza con una unidad de areniscas cuarzosas con lentes conglomerádicos denominada, Fm. Bravard; seguida de las cuarcitas, Fm. Napostá, Fm. Providencia y Fm. Lolen; estas últimas presentan escasos niveles pelíticos y en las areniscas se destaca una importante participación de feldespatos y micas. Similar al grupo anterior, el ambiente deposicional del Grupo Ventana se mantiene como una plataforma marina estable.

Paranaense (Winn y Steinmetz, 1998) y la Tillita Lafonian aflorante en Islas Malvinas (Frakes y Crowell, 1969; Bellosi y Jalfin, 1989). El contenido fósil consta de hallazgos del bivalvo *Atartella pusilla* (Harrington 1947, 1955, 1972), varios orthocerátidos encontrados durante tareas de campo (no publicados) y palinomórfos encontrados en testigo de perforación de pozo Paranguil que permite asignarle a la formación una edad Carbonífera tardía (Archangelsky, 1999). En concordancia se deposita la Fm. Piedra Azul la cual consiste en pelitas negras a azuladas, producto de eventos transgresivos postglaciales sobre una la plataforma externa que se continúan con los depósitos marinos pelíticos y heterolíticos con intensa bioturbación de la Fm. Bonete (Andreis et al., 1989) y culminan con los depósitos arenosos litorales que hacia el techo presentan secuencias fluvio deltaicas con características sinorogénicas de la Fm. Tunas (López-Gamundí and Rossello, 1998). El contenido fósil de estas unidades consta de gasterópodos del género *Murchinsonia* para Piedra Azul y fauna de *Eurydesma* y flora de *Glossopteris* para Bonete ambas indicando edades del Pérmico temprano (Harrington, 1947, 1955, 1970; Cingolani et al., 2002; Ruckwied et al., 2014).

La mayor diversidad fosilífera se encuentra representada especialmente en la Fm. Bonete, la fauna de *Eurydesma* está indicada y aparece en asociación con numerosos géneros de bivalvos y braquiópodos: *Spirifer strezelescki*, *Chonetes pillahuincensis*, *Allorisma inflectoventris*, entre otros. A su vez la flora también es la mejor representada siendo descripta originalmente por Harrington (1934 y 1947), incluyendo variedad de *Glossopteris* dales: *G. indica*, *G. browniana*, *G. angustifolia* y *G. decipiens*; además de *Gangamopteris angustifolia* y *obovata* con variedades *obovata*, *attenuata* y *major*; *Walkomia* sp. y *Phyllothea* sp.; y posteriormente ampliada por Menéndez (1962a) que describe *Glossopteris communis*, *Ottokaria* cf. *bengalensis*, *Lanceolatus bonariensis* y modifica la interpretación de *Walkomia* sp. a cf. *Buriadia heterophylla*. Según datos palinológicos, se indican una edad para la formación (en conjunto a Fm. Piedra Azul) dentro del intervalo Cisuraliano - Guadalupiano temprano (Balarino, 2012).

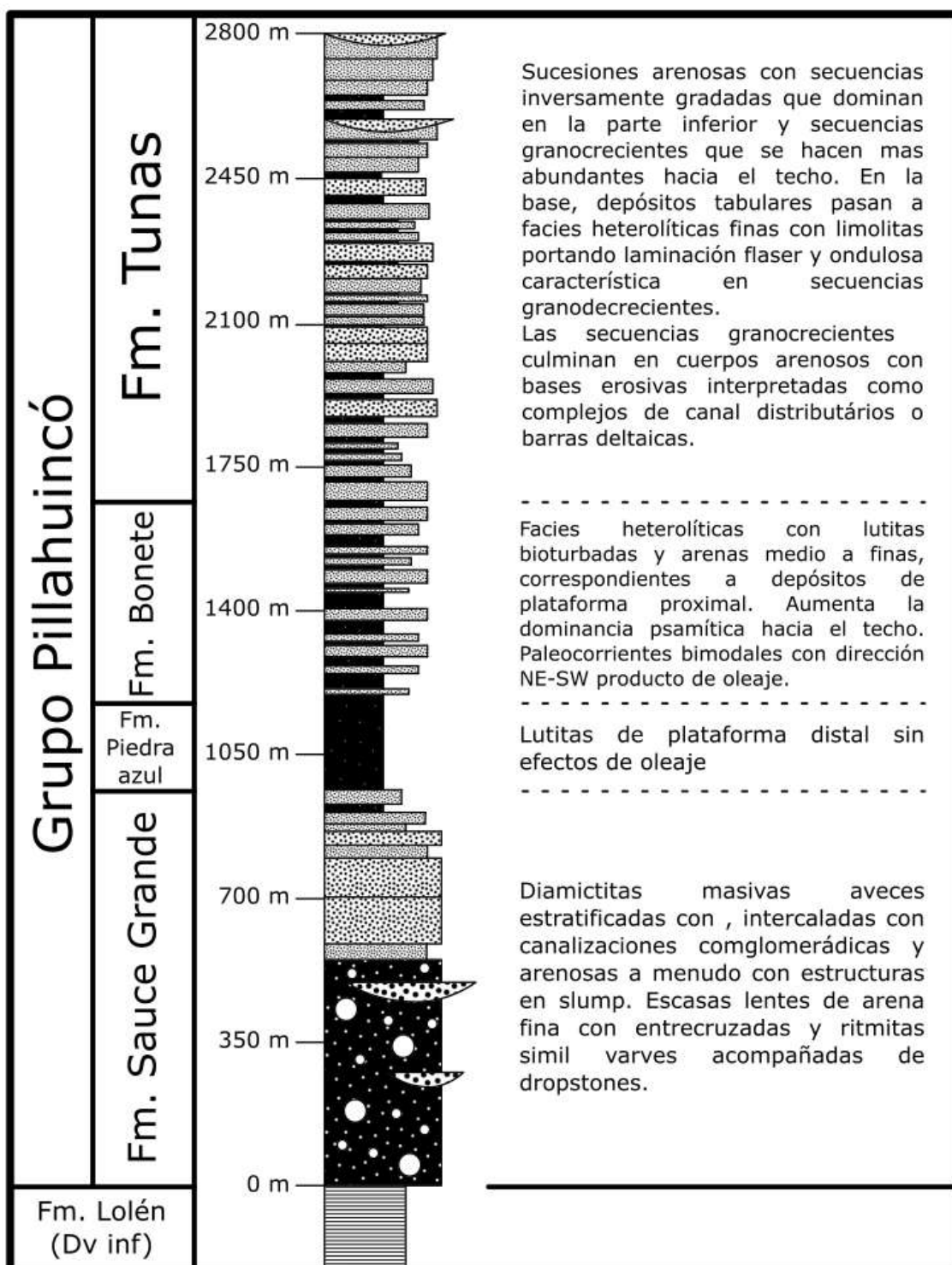


Figura 2: Columna estratigráfica del Gr. pillahuincó. Modificado de López-Gamundí et al. (1995).

Formación Tunas

La Fm. Tunas representa los estadios deposicionales finales en la cuenta de Sauce Grande. Yace en concordancia sobre la Fm. Bonete, con una potencia de ca. 1200 m y desde esta cambia gradualmente a potentes paquetes arenosos con abundantes estructuras entrecruzadas que se intercalan con facies heterolíticas, muestra patrones granocrecientes y estratocrecientes, que hacia el techo culminan con grandes cuerpos arenosos de canales distributarios litorales y barras de canales deltaicos (Andreis et al., 1979; López-Gamundí et al., 1995). La depositación se da en un contexto de overfill de la cuenca durante una secuencia de mar alto, donde los depósitos deltaicos progradantes indican que la tasa deposicional supera al espacio de acomodación (López-Gamundí and Rossello, 1998). Abundantes datos de paleocorrientes sugieren que las arenas de tunas se depositaron proximales a una línea de costa localizada al SW y orientada NW/SE, con corrientes bimodales NE/SW para la parte inferior, que indican depositación costera con oleaje paralelo a la costa (López-Gamundí et al., 1995); y una predominancia de la componente NE que se acentúa hacia el techo (Zabala et al., 1993). Esto coincide con la orientación hacia la cual se acuñan los estratos de la parte superior mostrando claras evidencias sinorogénicas (López-Gamundí et al., 1995). Los análisis de proveniencia de los estratos arenosos según los diagramas ternarios de Dickinson et al. (1988) arrojan un enriquecimiento en líticos metamórficos y volcánicos creciente, respecto de la predominancia cuarzosa de las otras unidades del grupo Pillahuincó; lo cual señalaría un rejuvenecimiento de la fuente de aporte ubicada al SW (Andreis y Cladera, 1992; López-Gamundí et al., 1995).

En la porción superior de la formación destacan niveles de tufitas vítreas con intensa alteración argílica (Iñiguez, 1988) cuya abundancia de esmectita indica una deposición subacuática (Alessandretti et al., 2013), relacionados con el vulcanismo de Choiyoi (Sato et al., 2015) y a los cuales se les realizaron sucesivas mediciones de edades isotópicas que indican Pérmico temprano tardío:

- ◆ 282.4 ± 2.8 Ma (SHRIMP; Tohver et al., 2008).
- ◆ 280.9 ± 1.9 Ma (SHRIMP; López-Gamundí et al., 2013).
- ◆ 284 ± 15 Ma (LA-ICP-MS; Alessandretti et al., 2013).
- ◆ 291.7 ± 2.9 Ma and 295.5 ± 8.0 Ma (SHRIMP; Arzadun et al., 2018).

La formación Tunas posee una megaflore conspicua, más allá de que resulte escasa en materia de taxones en comparación a la Fm. Bonete y especialmente a otras floras coetáneas. Se han descrito *Glossopteris indica*, *Gangamopteris obovata*, *Paracalamites levis*, *Phyllothea*

sp. y Licópsidas arborescentes indeterminadas (Arrondo y Petriella, 1982; Ruiz y Bianco, 1985) y recientemente el hallazgo de *Asterotheca* sp. cf. *A. andersonii* junto a restos de equisetales (Sato et al., 2017).

Cuencas Gondwánicas Neopaleozoicas

El Grupo Pillahuincó se correlaciona con otras cuencas gondwánicas donde depósitos proglaciares de edad carbonífera tardío a pérmico temprano son sucedidos por sedimentos relativos a la transgresión glacial portando faunas de *Eurydesma* y *Cimeriella* (du Toit, 1927; Keidel, 1916 y Taboada et al., 2016) con excepción de cuencas que desaguan al paleopacífico donde, si bien hay unidades equivalentes, no están presentes dichas faunas. Muchas de estas cuencas poseen unidades portadoras de abundantes floras equivalentes con la Fm. Tunas, entre las que hay cuencas sudamericanas como: La Golondrina, Islas Malvinas, Paraná-Brasil y Carapacha, de dominio atlántico; y Tepuel Genoa, San Rafael y Paganzo, de dominio pacífico. También se comparan cuencas gondwánicas extra americanas: Karoo, Sudáfrica.

En la cuenca de La Golondrina se deposita el Grupo Tres Cerros, donde la Formación La Golondrina es la unidad de edad Pérmica temprana a media, donde según Cúneo, (1991a) solamente los miembros inferiores son equivalentes con la Fm. Tunas. En esta unidad la megaflore consta de Sphenofitas, como *Sphenophyllum thonii* y *S. speciosum*; equisetales: *annularia* y posibles *Phyllothea* (Archangelsky, 1958a, 1960a). Los helechos son principalmente *Asterothecaceae*, tanto *Asterotheca* sp. como *Dizeugotheca* además de varios tipos de *Pecopteris* sp.; en asociación con más de 20 géneros de *Glossopteridales*, entre los que se encuentran los descritos para el Grupo Pillahuincó, estructuras reproductivas: *Dictyopteridium* cf. *sporiferum*; y raíces como *Vertebraria*; además de escasas Cordaitales (Archangelsky, 1958a, b; 1992; Jalfin et al., 1990).

En Cuenca de Malvinas las unidades equivalentes se denominan Fm. Bahía Choiseul y Fm. Estrecho San Carlos, contenidas dentro del Grupo Isla Soledad, donde la asociación paleoflorística consta de *P. australis*, *Gangamopteris cyclopteroides*, *Glossopteris indica*, *G. angustifolia*, *G. damudica*, *G. browniana*, *Voltzia heterophylla* y *Desmiophyllum* preservados como improntas, y leños asignados a *Dadoxylon* (Halle, 1912; Seward y Walton, 1923).

En la Cuenca de Paraná-Brasil la unidad equivalente, denominada Fm. Río Bonito, Subgrupo Guatá, Grupo Tubarão; donde los miembros superiores son coetáneos con la Fm. Tunas y cuya diversidad paleoflorística es muy importante con gran abundancia de taxones tales como

Equisetales, *Phyllothea australis*, *P. griesbachii* y *Notocalamites askosus*, *Paracalamites australis*, *Giridia indica* y *G. quiteiriensis* (Boardman & Iannuzzi, 2010). Los helechos son poco diversos, sólo representados por *Ponsothea lobifolia*. Representando las pteridospermas hay *Botrychiopsis valida* (Jasper et al. 2003, 2005) gran abundancia de glossopteridales, *Arberia minasica*, *A. boureaui*, *Ottokaria* spp., *Gangamopteris intermedia*, *G. mosesii*, *G. obovata*, *G. rigbyi* y *G. buriadica*; y *Glossopteris ampla*, *G. angustifolia* y *G. browniana*, *G. communis*, *G. taenioides* y *G. spathulato-cordata*. Se reportaron hallazgos de coníferas como *Brasilocladus acicularis*, *Cornucarpus furcata* o *Buriadia mendesii*; además de gran variedad de *Cordaicarpus* y *Samaropsis* (toda la flora de la Fm. Río Bonito se resume en Bernardes de Olivera, 1977; y trabajos allí citados). Recientemente se han reportado hallazgos de leños de *Agathoxylon hartig* y *Noeggerathiopsis brasiliensis* (Degani-Schmidt y Guerra-Sommer, 2016; 2019).

La Cuenca de Carapacha es una depocentro descrito recientemente en comparación a otras cuencas que aflora en el sur de la provincia de La Pampa, donde el relleno es enteramente la formación homónima de edad pérmico temprano a medio. La flora descrita es abundante en Glossopteridales tales como *Glossopteris browniana*, *G. damudida*, *G. euryneura*, *G. pampeana*, *G. argentina*, *G. wilsonii*, *G. communis*, *G. tortuosa* y *G. pandurata*; en asociación con *Dictyopteridium* sp., *Neomariopteris* sp., *Phyllothea* sp. y *Cordaites* sp. (Melchor, 1990; Melchor y Césari, 1997)

En la Cuenca de Tepuel Genoa la unidad que se correlaciona con Fm. Tunas es la Fm. Río Genoa donde la paleoflora es una de la más abundantes y completas del Pérmico inferior de Gondwana. Las Licofitas son de amplia distribución en la cuenca entre las que destaca *Bumbudendron millani* (Arrondo y Petriella, 1985). Las Sphenophytas son representadas por Sphenophyllales tales como *Sphenophyllum* a menudo acompañadas por estructuras reproductivas, entre ellas *Bowmanites*; y Equisetales entre los cuales destaca *phyllothea*, y más restringidos, *Annularia* y *Asterophyllites* (Cúneo et al., 1993). Los helechos son representados por *Asterothecaceas* y *Pecopteris* similares, muchos son indicados como de fuerte carácter arborecente debido a la abundancia las morfoespecies *Caulopteris* y *Artisophyton*; también posibles *Asterothecas* como *Stellothea*, descrita para el westfalliano del hemisferio norte (Archangelsky y Cúneo, 1986). Las progimnospermas son representadas por géneros muy importantes en el Carbonífero como *Botrychiopsis* y *Nothorhacopteris*. En cuanto para las gimnospermas están presentes *Glossopteris* y *Gangamopteris*, aunque en reducida variedad de géneros y coníferas, representadas por dos familias muy abundantes, *Ferugliocladaeae* y *Buriadiaceae*; este último consta de un solo género llamado *Genoites*; como también semillas denominadas *Eucerospermum* (Cúneo, 1985; Archangelsky y Cúneo, 1987).

La Cuenca de San Rafael posee un relleno del Carbonífero al Pérmico equivalente denominado Fm. El Imperial que aflora en diversas localidades, donde se reportaron hallazgos de varios taxones en los intervalos del Pérmico inferior tales como, *Glossopteris* cf. *occidentalis*, *Gangamopteris obovata* y *Paracalamites levis* (Espejo y Césari, 1987) y más recientemente *Samaropsis nunezii*, *Cordaicarpus chicharensis*, *C. emarginatus* y *Cornucarpus* cf. *cerquillhensis* (García, 1990).

Por último, la Cuenca de Paganzo se representan dos unidades equivalentes denominadas Fm. Arroyo Totoral y Fm. Bajo de Veliz. En la primera se han reportado hallazgos de *Asterotheca feruglioi*, *Paracalamites australis*, *Phyllothea leptophylla*, *Phyllothea* sp., *Botrychiopsis plantiana*, *Sphenopteris* sp., *Cordaite hislopi*, *Ferugliocladus riojanum*, ¿*Paranocladus?* *fallax*, *Ginkgophyllum* sp., *Arberia* cf. *minasica*, *Gangamopteris obovata*, *Glossopteris* cf. *occidentalis*, *Glossopteris wilsonii*, *Cordaicarpus* sp y *Samaropsis kurtzii* (Archangelsky, 1996; y trabajos allí citados). Y recientemente se describió la presencia de *Cruciatheca* sp., *Botrychiopsis plantiana*, *Ginkgophyllum criciumensis* y *Buriadia* sp. en distintas localidades de la formación (Austin, Escapa y Cúneo, 2008). En cuanto para la Fm. Bajo de Veliz se describen *Neuropteridium validum*, *Pachypteris riojana*, *Glossopteris retifera*, *G. indica*, *G. communis*, *Phyllothea deliquescens*, *Phyllothea leptophylla*, *Annularia argentina*, *Noeggerathiopsis hislopi*, *Cyclopitys dichotoma*, *Cladophlebis mesozoica* y *Walchia* sp (Bodenbender, 1895); y más recientemente *Phyllothea* sp. cf. *P. indica* y *Giridia* sp. cf. *G. indica* (Durán et al., 1994).

La Cuenca de Karoo es una de la principales cuencas para tiempos Pérmicos en Gondwana, en la cual existen diferencias paleofitogeográficas respecto de la distribución de la flora. En el sector norte de la cuenca, el Grupo Ecca medio (Fm. Vryheid) presenta alrededor de 60 taxones, con la mayor diversidad de Glossopteridales, helechos, esfenófitas y licófitas. Este sector se asigna al Pérmico inferior a medio. En el sector meridional, el Grupo Ecca medio está representado por las Fm. Whitehill: previamente se ha correlacionado esta unidad por similitudes sedimentológicas y estratigráficas, además de que ambas son portadoras de macroflora; sin embargo, los hallazgos paleobotánicos son fragmentarios y escasos e incluyen *Cyclodendron* sp., *Phyllothea australis*, leños de *Australoxylon* sp., *Glossopteris symmetrifolia*, *Schizoneura africana* y *Asterotheca* sp. (Anderson y Anderson, 1985; Bamford, 2004). La Fm. Waterford (Grupo Ecca superior, Karoo meridional) comparte los taxones con la Fm. Whitehill y fue referida al Pérmico Medio a Superior (Anderson y Anderson, 1985).

MATERIALES y MÉTODOS

Para comprobar la hipótesis (1) se realizará una caracterización tafonómica de los niveles portadores de fósiles y se recopilará información actualizada sobre los procesos sufridos por la secuencia postdeposición. Para la hipótesis (2) se plantea la revisión sistemática detallada de los fósiles obtenidos en la nueva localidad fosilífera, y la comparación con los estudios previos en la misma Formación.

Se trabajará con perfiles de la Formación Tunas y material fósil obtenidos en dos campañas de las cátedras de Geología Histórica y Geología Argentina, de la cual el estudiante participó en el año 2018. Los fósiles se encuentran depositados en la Colección de Paleobotánica del Museo de La Plata.

Trabajo de Gabinete y Campo

Se recopilaron y evaluaron antecedentes bibliográficos geológicos y paleontológicos del sector oriental de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, y antecedentes referidos a las paleofloras pérmicas de Argentina, Brasil y Sudáfrica.

Se elaboró un perfil sedimentológico de detalle, escala 1:100 a partir del relevamiento de los afloramientos de la Formación Tunas en su sección superior, ubicados a 5 Km de la Cantera Las Mostazas donde se indicaron los niveles fosilíferos.

Luego se elaboró un mapa geológico indicando la posición geográfica de la nueva localidad fosilífera.

Trabajo de Laboratorio

La preparación del material, preservado como impresiones-compresiones, se llevó a cabo mediante la limpieza mecánica con cinces, agujas y lápiz neumático.

Para los estudios sistemáticos se ilustró todo el material mediante utilizando un cámara digital SONY ILCE-6000 con un lente macro SONY Sel30 y Lupa Binocular perteneciente a la División Paleobotánica, Museo de La Plata.

Para la descripción de los ejemplares se aplicaron los términos brindados por el diccionario de botánica de Font Quer (1982) y los criterios sistemáticos supragenéricos se tomaron de los trabajos de Kenrick y Crane (1997), Smith et al. (2006), Taylor et al. (2009). En el tratamiento nomenclatural se usó el del *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants* (Shenzhen Code, Turland et al., 2018).

RESULTADOS

Descripción Sedimentológica

Como parte de los estudios sedimentológicos abordados en esta tesis con el objetivo de complementar el análisis paleontológico, se describen e interpretan los atributos sedimentológicos de los afloramientos superiores de la Formación Tunas en el área de la estancia San Antonio (Fig. 1). En esta localidad (Fig. 3), se encontraron al menos tres niveles fosilíferos denominados P1, P2, y P3 reconocidos principalmente en rocas pelíticas de coloración rojiza a moradas como componente de los intervalos heterolíticos de la unidad. Las asociaciones de plantas de cada uno de estos niveles se describen a continuación dentro de esta sección (Descripciones sistemáticas). En la localidad fosilífera estudiada, la Formación Tunas presenta una disposición homoclinal en parte cubierta y con buena continuidad lateral, con espesor del orden de los 250 m. Se reconocieron tres ciclos sedimentarios de gran escala, de 50-120 m de espesor con tendencia estrato-crecientes (Fig. 4).

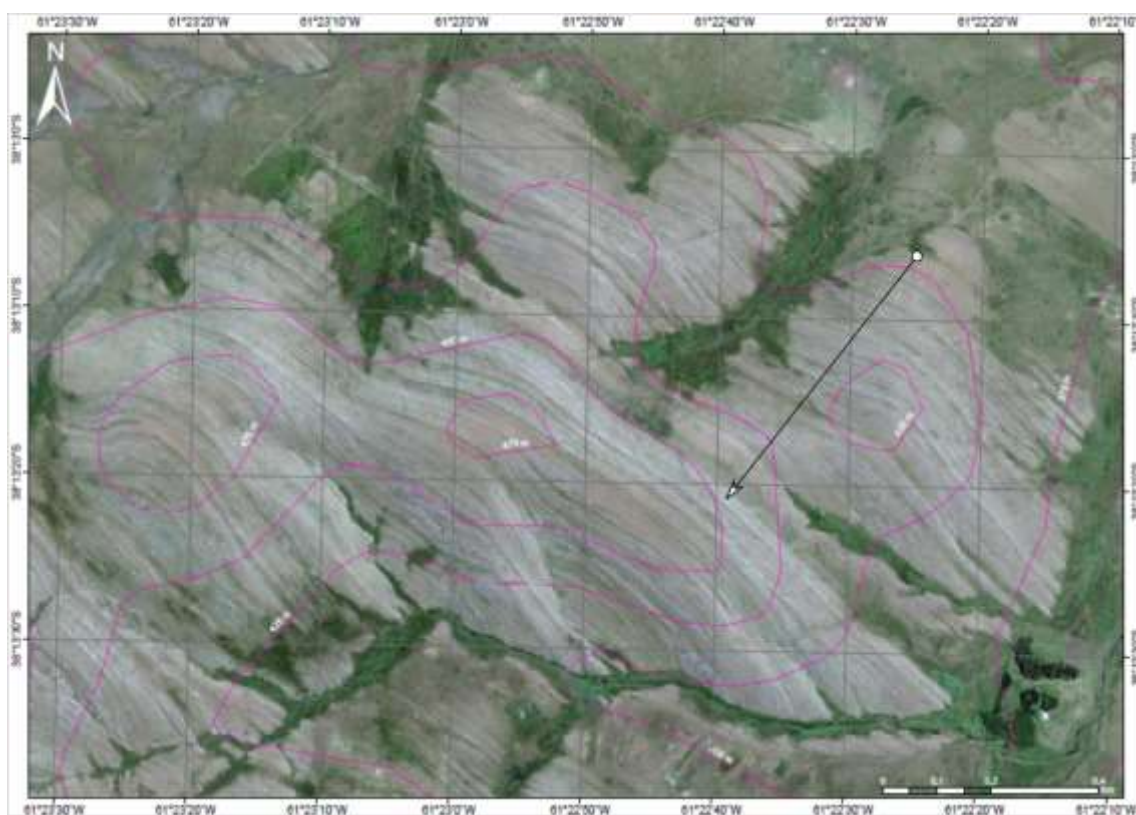


Figura 3: Foto satelital del afloramiento en la estancia San Antonio donde se describió la columna sedimentológica, indicada con una flecha que señala el techo de los estratos.

El intervalo estudiado se constituye a través de una sucesión uniforme en donde bancos de areniscas finas a medias, de color gris a blanquecinas alternan con niveles pelíticos y heterolíticos de pelitas a areniscas muy finas con tonalidades violáceas a verdes y en menor medida amarillentas, parcialmente cubiertos por suelo y vegetación (Fig. 5a). Por lo general presentan buena estratificación y el rasgo más notable es la estratificación entrecruzada, tabular (2D) y en artesa (3D). Las areniscas presentan espesores de entre 10-70 cm y se disponen en bancos de longitud entre 30-40 m que se acuñan lateralmente dentro de los intervalos más finos (por lo general cubiertos).

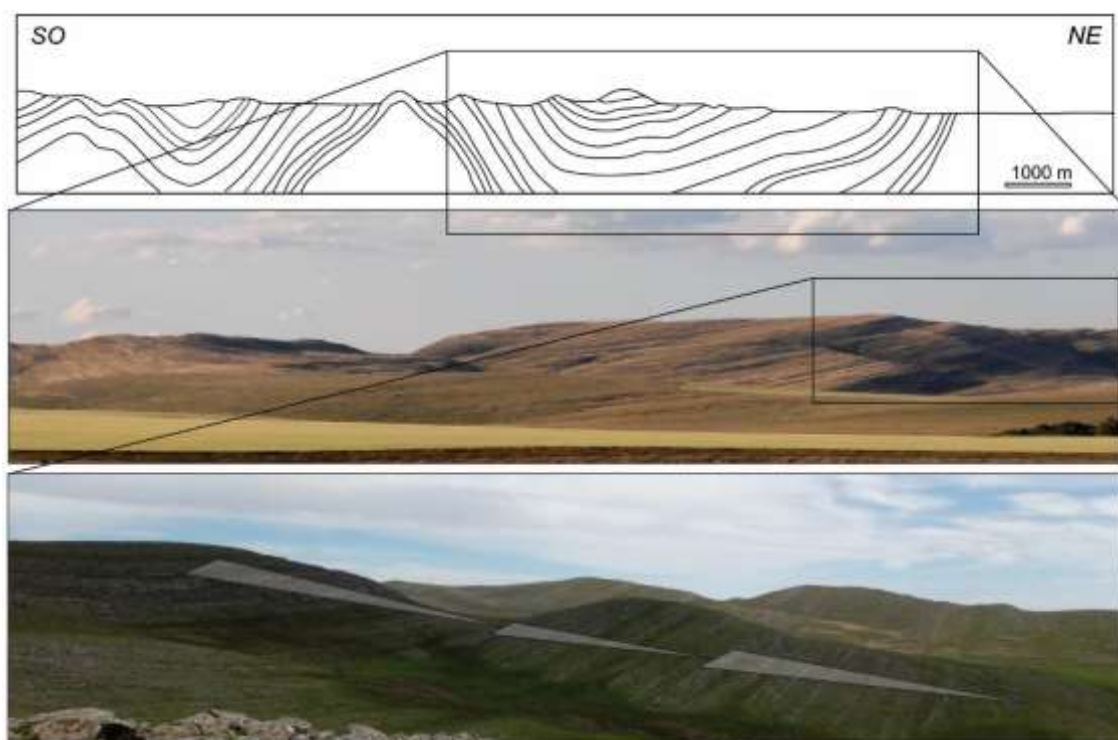


Figura 4: Esquema estructural con los afloramientos de la Formación Tunas en el sector oriental de las Sierras de Pillahuincó. Modificado de Suero (1957). Notar la estructura con predominio de pliegues abiertos.

Hacia el tope de los ciclos son comunes bancos amalgamados de continuidad kilométrica de hasta 20 m de potencia. Las areniscas se disponen en bancos de geometría tabular a lentiforme con bases netas a erosivas. Internamente, los depósitos de areniscas están organizados en sets de espesores inferiores al metro, con estratificación entrecruzada tabular de bajo ángulo con sentido de migración hacia el NO y SO (Fig. 5b) y estratificación entrecruzada en artesa, cuyos ejes tienen dirección NE-SO a N-S (Fig. 5c). En parte se observa un cambio en el sentido de acreción de sets con estratificación entrecruzada planar a tangencial en la base con paleocorrientes hacia el NE y SO. En algunos casos hacia la base de estos cuerpos predominan las areniscas medias macizas o con estratificación entrecruzada en artesa que gradan a

estratificación de bajo ángulo y finalizan con areniscas finas con laminación ondulítica de corriente o de oscilación (Fig. 5c, d).

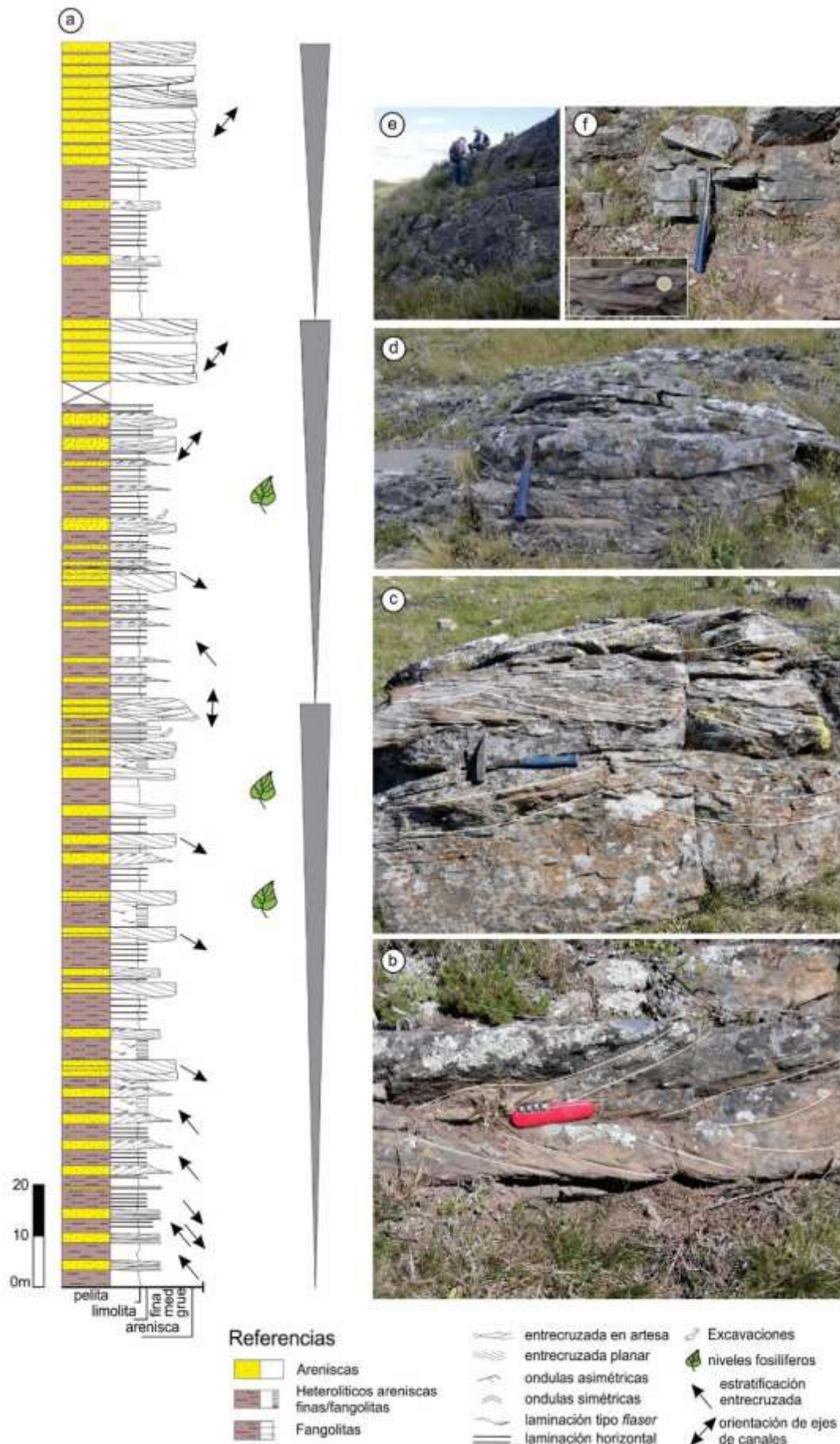


Figura 5 (hoja 16): a) Perfil sedimentológica de la Fm. Tunas en la estancia San Antonio. b) Areniscas finas con estratificación entrecruzada en bajo ángulo. Notar entrecruzada en sentidos opuestos entre bancos contiguos. c y d) Bancos de areniscas que gradan desde areniscas medias macizas, a estratificación entrecruzada en artesa de escala mediana, entrecruzada en bajo ángulo y laminación ondulítica hacia el tope asociada a una disminución del tamaño de grano. e) Areniscas macizas en bancos amalgamados. f) intervalo heterolítico con areniscas muy finas y pelitas con laminación ondulítica de corriente.

En los intervalos de areniscas amalgamadas también son frecuentes los cuerpos macizos de escala métrica (Fig. 5e). Los bancos de pelitas y los heterolíticos de pelitas a areniscas muy finas son tabulares con espesores métricos y muestran baja calidad de exposición. Las variedades litológicas más finas (pelitas) están muy cubiertas, aunque se reconocen tramos con una alternancia centimétrica de capas finas a muy finas, de coloración rojiza con moteados circulares a irregulares. Los intervalos heterolíticos exhiben laminación ondulítica de corriente a paralela con estructura tipo ondulosa a flaser (Fig. 5f)

Interpretación Sedimentológica

De acuerdo con la descripción anterior es notable que los depósitos de areniscas representan uno de los componentes más importante de la sucesión analizada. Sin embargo, y debido al hecho de que los componentes finos se encuentran parciales a totalmente cubiertos las interpretaciones realizadas del conjunto sedimentario no son del todo precisas. Así todo, se pudieron reconocer tres ciclos granocrecientes en donde los bancos de areniscas presentan mayor espesor hacia el tope de los ciclos asociado a un incremento en la granulometría y los componentes finos disminuyen considerablemente su participación. La parte inferior de los ciclos granocrecientes contienen estratos de base erosiva con continuidad lateral reducida e inmersos en depósitos finos. Por lo general estos cuerpos desarrollan un patrón de estructuras sedimentarias granodecrescentes interpretadas como el relleno de canales individuales menores de características confinadas (Miall, 2006). El cambio en el sentido de las paleocorrientes a través de bancos sucesivos indica unidades de acreción lateral diferentes vinculado con la migración de canales secundarios. En los intervalos parciales a totalmente cubiertos, interpretados como dominados por granulometrías finas, se distinguieron intercalaciones de areniscas finas con laminación paralela. Este componente se interpreta como asociado a descargas de arena producto de flujos no confinados en un ámbito de planicie de inundación (Gibling et al., 1998). Esto se sustenta sobre la base de que estos bancos están intercalados entre depósitos de pelitas rojas moteados con laminación paralela a maciza que pasan gradualmente a conjuntos heterolíticos dominados por arena o con relación arena/pelita similar tipo flaser en donde es posible encontrar restos vegetales fragmentados, aunque con poco retrabajo. En este

sentido, estos intervalos de pelitas rojas y heterolíticos sugieren la acumulación en un ámbito continental de baja energía vinculado mayormente con depósitos de planicie de inundación en donde ocurren procesos de decantación y tracción-decantación principalmente en áreas laterales de cuerpos arenosos principales y secundarios (Shanley et al., 1992). La buena a moderada preservación de las plantas fósiles sugieren un aporte local, posiblemente desde sectores propios de la planicie de inundación (Martinsen, 1990). En las areniscas medias, las estructuras sedimentarias indican procesos tractivos, con presencia de estructuras de tipo entrecruzada de bajo ángulo a artesa. Estas estructuras resultan de la acumulación por parte de corrientes unidireccionales asociadas al desarrollo de corrientes fluviales canalizadas (Pulham, 1989).

En términos generales, la poca participación de trazas fósiles sugiere condiciones considerables de estrés en el medio de acumulación (MacEachern et al., 2005), que en este caso podría asociarse con eventos de mezcla de agua dulce-marina en un sistema marino marginal, aunque también la escasez de cuerpos de agua permanentes o encharcamientos que permitan la colonización por parte de pequeños invertebrados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que dado a la pobre calidad de los afloramientos estas interpretaciones pueden no ser del todo precisas. Por otro lado, hacia el tope de los ciclos granocrecientes son notables los cuerpos de areniscas lenticulares y amalgamados de gran espesor (espesor máximo de 25 m) y de gran continuidad lateral. Internamente son macizos o con escasos entrecruzamientos, atribuibles a sistemas de megacanales. Estos megacanales se interpretan como canales complejos donde se da la coalescencia lateral de los cuerpos de arenas con superficies de erosión internas lo que indica fases de reactivación a lo largo de su evolución (Gibling, 2006).

De acuerdo con las asociaciones litológicas descritas y el arreglo vertical, los depósitos analizados corresponderían con las secuencias granocrecientes superiores de la Formación Tunas, interpretadas en esquemas previos como barras de desembocadura deltaica y canales distributarios (Andreis et al., 1989; Iñiguez et al., 1990 en Andreis y Japas, 1996; López Gamundí et al., 1995). Recientemente, Zabala et al. (2019) analizan dos pozos de la cuenca de Claromecó (pozos PANG0001 y PANG0003) e interpretan diferentes asociaciones de facies lo que permitió el desarrollo de un modelo conceptual de acumulación bajo un marco paleogeográfico. El análisis de facies realizado permitió interpretar el desarrollo de sistemas deltaicos fluvio-dominados, coincidiendo con interpretaciones sugeridas en trabajos previos (Andreis et al., 1979; López-Gamundí et al., 1995; Andreis y Japas, 1996). En este sentido, el intervalo analizado en este trabajo se correspondería con estos sectores proximales de posición austral

correspondientes con la asociación de facies D (canales fluviales a distributarios a pantano interdistributario a llanura aluvial) definida por Zabala et al. (2019).

Descripciones Sistemáticas

Subdivisión EUPHYLLOPHYTINA Kenrick et Crane 1997

MONILOPHYTA

Clase EQUISETOPSIDA Agardh 1825

Orden EQUISETALES Dumortier 1829

Morfogénero *Paracalamites* Zalessky 1927

Especie Tipo: *Paracalamites Striatus* (Schmalhausen 1879) Zalessky, 1927.

Paracalamites Australis Rigby 1966

Lámina I

Material: LPPB 14040; 14041; 14047; 14048; 14049; 14051; 14054; 14056; 14061; 14062; 14063; 14064; 14065; 14066; 14067; 14081; 14082 y 14084.

Procedencia: Niveles Fosilíferos, P1, P2 y P3

Descripción: Tallos articulados con nudos y entrenudos, preservados como impresiones, de hasta 20 cm de largo. Los entrenudos poseen largos de entre 61.1 y 15 mm, promediando 32 mm; y anchos que oscila entre 44.5 y 6.1 mm, promediando 19.35 mm. A su vez el anchos de los tallos permite reconocer tres tamaños diferentes que van entre 5 a 15 mm, 20 a 30 mm y 37 a 45 mm. La relación entre el ancho y largo de los entrenudos varía de 1:1 a 1:2.26, con 1:1.32 como relación promedio. El ancho de las carenas varía desde 0,90 hasta 2,7 mm y cruzan los nudos opuestas en todos los casos. Varios ejemplares (LPPB 14064) presentan bases rameales en los nudos.

Comentarios: Con el fin de caracterizar la diversidad de tamaños de los ejemplares se presenta un gráfico de dispersión (Fig. 6) donde se plotea el ancho versus el largo de los entrenudos, en el cual los valores se ajustan a una línea logarítmica segmentada en 3 secciones según rangos de anchos ya mencionados en la descripción. Este agrupamiento se interpreta como ramificaciones de 3 órdenes sucesivos sin estar representados los ejes principales, dado el escaso tamaño de los ejemplares más grandes.

Es pertinente mencionar la presencia, en algunos ejemplares (Lámina I, foto 5), de surcos submilimétricos superpuestos sobre los tallos, que describen patrones rectos y circulares que se interpretan como trazas de depredación.

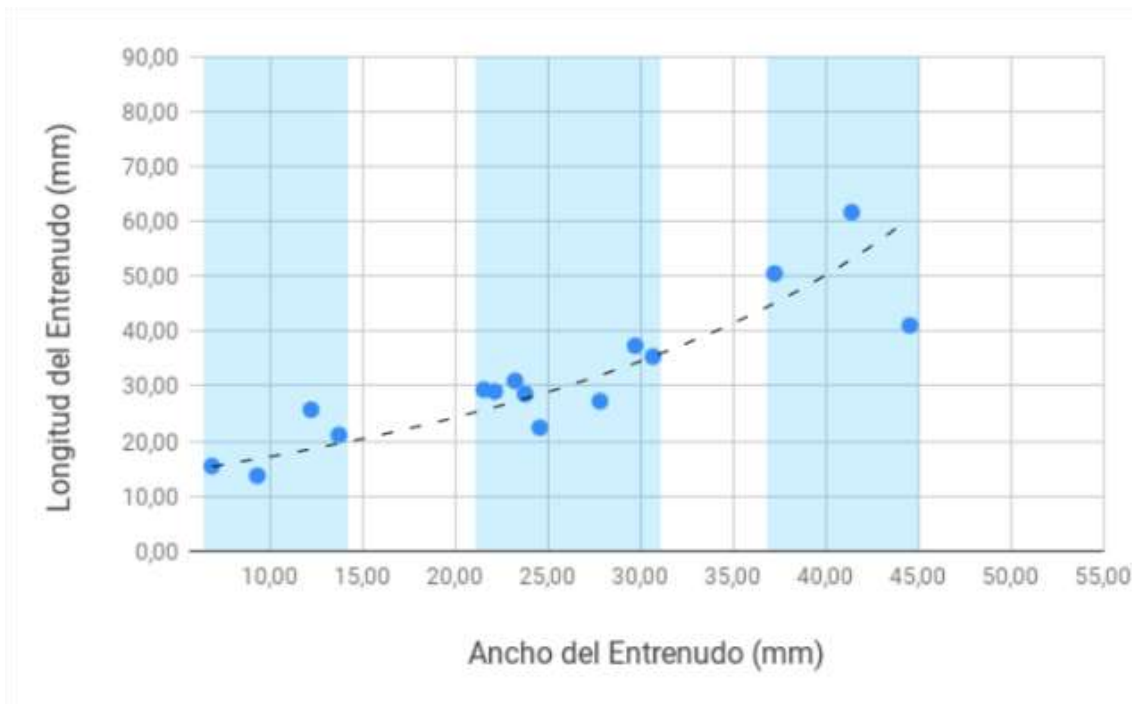


Figura 6: Grafico de relación de Ancho versus largo de los entrenudos de los ejemplares de *Paracalamites australis* donde se pueden ver, marcadas en azul, tres diferentes intervalos de anchos.

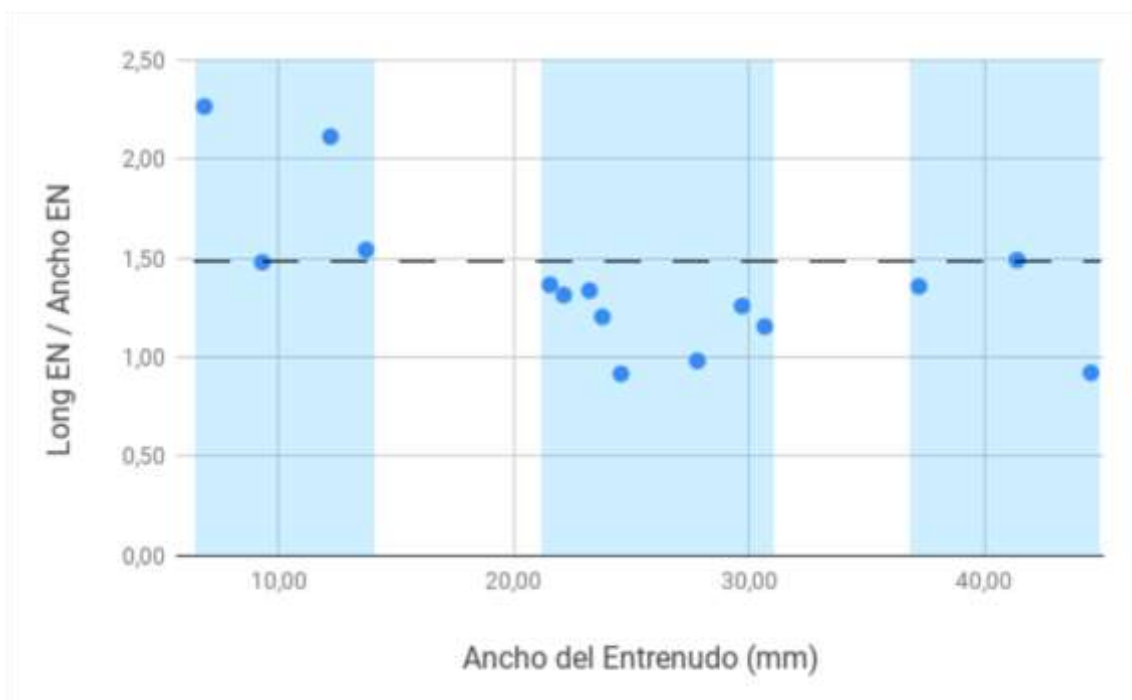


Figura 7: Gráfico de dispersión donde se plotean los índices de longitud/Ancho de entrenudo de cada ejemplar según el ancho de los entrenudos, con los intervalos marcados en azul.

Discusión: Al no hallarse estructuras foliares y/o reproductivas que permitan una designación más específica, se optó por asignar los ejemplares al morfogénero *Paracalamites*. Sin embargo, las dimensiones de los ejemplares medidos en este trabajo se asemejan con las realizadas en el material proveniente de Sierra de los Llanos descrito en Coturel (2014) (Tabla 1) como *Paracalamites australis*. A su vez, entrenudos sustancialmente más largos que anchos (Fig. 7) y más aún en las ramificaciones de último orden es otra característica que indica que se trata de *Paracalamites australis* (Rigby, 1966).

Otras variedades de este morfogénero, como *Paracalamites frigidus* o *Paracalamites levi*, fueron descartadas debido a que los ejemplares descritos presentan ausencia completa de alternancia en las carenas al atravesar los nudos y la elevada relación largo/ancho ($\cong 1,5$) de los entrenudos especialmente en los tallos de menor porte; respectivamente.

	Este trabajo	<i>Paracalamites australis</i> (Coturel, 2014*)
Largo del entrenudo	13.7 – [31] – 62 mm	2 – 36.7 mm
Ancho del entrenudo	6.18 – [19.9] – 44.5 mm	6.3 – 41.6 mm
Carenas por entrenudo	4 – [12] – 27 mm	3 -26 mm
Alternaciones de carenas en los nudos	Nunca	Muy baja frecuencia

Tabla 1: Tabla de comparación de las dimensiones, cantidad de carenas y frecuencia de alternación de los entrenudos de los ejemplares descritos en este trabajo y los definidos como *P. australis* en Coturel (2013). (*) Tesis doctoral inédita.

Clase MARATTIOPSIDA Doweld 2001

Orden MARATTIALES Link 1833

Familia ASTEROTHECACEAE Boureau et Doubinger 1975

Género *Asterotheca* Presl

Especie Tipo: *Asterotheca sternbergii* (Goeppert) Presl et Corda 1845.

Asterotheca sp.

Láminas II y III

Material: LPPB 14042; 14043; 14045; 14046; 14052; 14057; 14058; 14068; 14069; 14070; 14071; 14072; 14073; 14074; 14075; 14076; 14077; 14079; 14080 y 14083.

Procedencia: Niveles Fosilíferos P1, P2 y P3

Descripción: Fragmentos de frondes al menos bipinnadas, de forma y dimensiones desconocidas, conservadas como impresiones, portando pínulas pecopterídeas de ápice redondeado y márgenes paralelos de bordes enteros; que se insertan por todo el ancho de la base en ángulos de 65° a 85° en patrón subopuesto, sobre un raquis de último orden liso de 1.2 mm. La venación consta de una vena media decurrente y ancha que se angosta hacia el ápice y se dicotomiza 2 veces antes de llegar a este, y vascularización secundaria que se compone de 4 o 5 venas por hemilámina insertas a 40° que se dicotomizan una vez en el primer tercio del recorrido. Los espacios interpinnulares son milimétricos llegando a superponerse pínulas consecutivas. En los ejemplares LPPB 14046 y LPPB 14068 se observan estructuras circulares de 1 mm de diámetro y relieve positivo, dispuestas sobre las hemiláminas en filas de hasta 3.

Medidas: largo de pínula = 4.5-[7]-12 mm; ancho de pínula = 2-[3.6]-6 mm; ancho de raquis = 0.5-[1.2]-2 mm.

Discusión: Si bien la mayoría de los ejemplares se trata de fragmentos de pinnas de último orden portando pínulas infértiles, algunos ejemplares poseen sinangios y aunque el grado de preservación no permite identificar forma y cantidad de esporangios, su contorno circular permite clasificar los ejemplares dentro del género *Asterotheca*.

Las dimensiones de las pínulas, ploteadas según largo versus ancho (Fig. 9), se ajustan a una recta; señalando estar representando a una misma especie. Aunque de la comparación con otras poblaciones cuya especie fue determinada por otros autores, resulta que según el largo de la pínula (Fig. 8a) el intervalo de nuestra muestra abarca los de las otras 3 especies sin coincidir

especialmente con ninguno. Resulta de manera similar al comparar el ancho (Fig. 8b), con la excepción de que las medias se mantienen acotadas a un rango de 0.5 mm.

Según el ángulo de inserción de las pinnulas en el raquis (Fig. 8c), nuestra población difiere fuertemente de la *Asterotheca piatsnitzkyi* y se ajusta muy bien con *Asterotheca golondrinensis*.

Las pinnulas rectas, poco o nada falcadas y la vena media decurrente y que no llega al ápice; además del número y tamaño de los sinangios, asemeja a *Asterotheca andersonii*, aunque la presencia de estrías en el raquis es característica de esta especie, la ausencia de dichas estrías podría deberse al grado de preservación de los ejemplares; como también al hecho que la muestra solo representa raquis de último orden.

Aunque solo se compare la morfología general, ya que mediciones metódicas de las dimensiones de poblacionales de pinnulas constatadas como *A. andersonii* están ausentes en la bibliografía, es con esta especie que nuestros ejemplares tienen la mayor similitud.

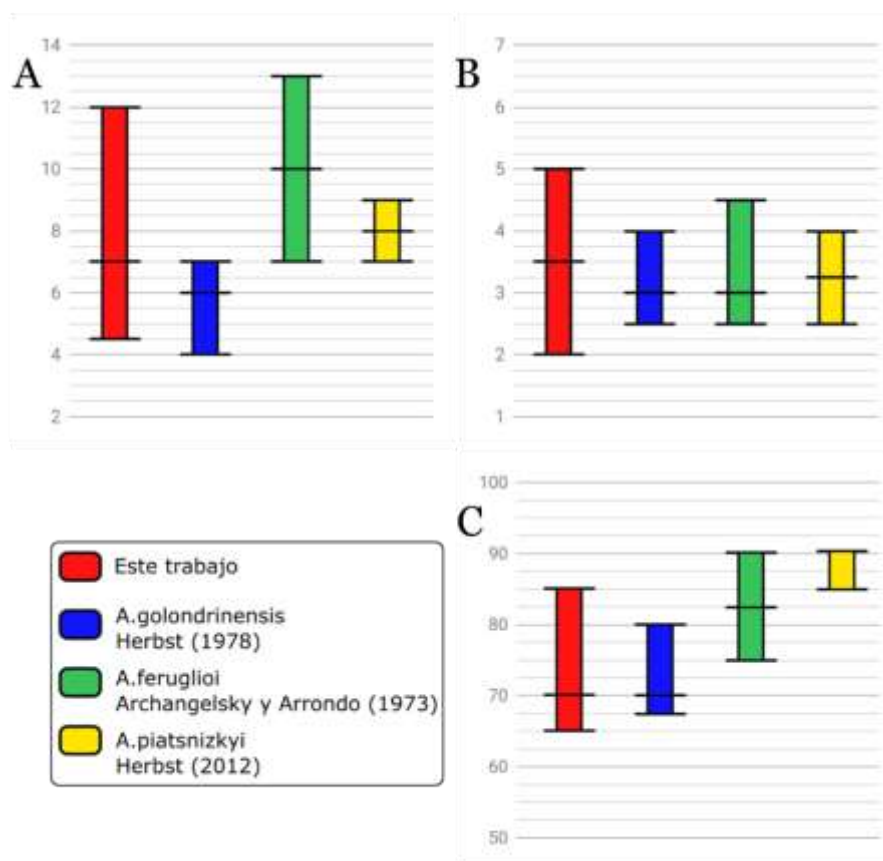


Figura 8: Comparación de los intervalos morfológicos de los ejemplares medidos en este trabajo (Rojo) con los de otras 3 especies de Asterothecaceae, con dichos intervalos expresados como máximos, mínimos y promedios. a) Comparación entre los intervalos de largo de pinnula. Eje expresado en mm. b) Comparación entre los intervalos de ancho de pinnula. Eje expresado en mm. c) Comparación entre los intervalos de ángulo de inserción en el raquis. Eje expresado en grados.

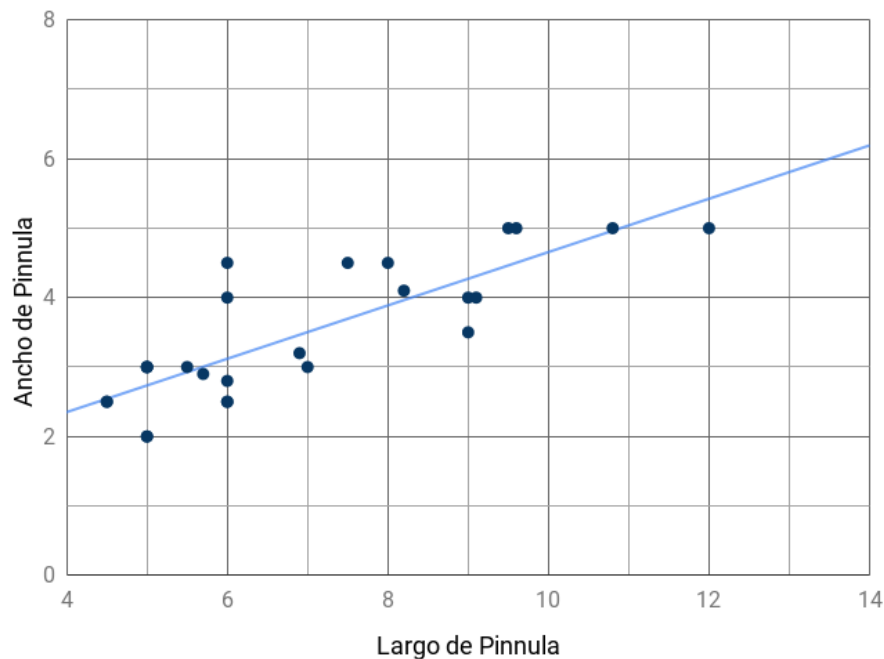


Figura 9: Grafico de largo versus ancho de las pínulas muestreadas. Ejes expresados en mm. Notar como se ajustan a un recta.

Clase SPERMATOPSIDA Serbet et Rothwell 1995

Orden GLOSSOPTERIDALES Pant, 1982

Género *Gangamopteris* McCoy 1847

Especie tipo: *Cyclopteris angustifolia* McCoy 1847

Gangamopteris obovata (Carruthers) White 1908

Lámina IV, fig. 1 y 3; Lámina V, fig. 4

Material: LPPB 14051; 14053; 14059; 14060 y 14073.

Procedencia: Niveles Fosilíferos P1 y P2

Descripción: Fragmento de hoja, de forma y dimensiones desconocidas, donde no hay una vena media prominente, si no una zona media donde se disponen haces paralelos a un surco central que se dirige recto hacia el ápice. Dicha zona se angosta rápidamente en dirección acrópeta a medida que los haces parten hacia los lados describiendo curvas suaves y dicotomizándose, tanto en el recorrido de la vena media como cuando se abren, formando un abanico antes de encontrar el margen en un ángulo de 60°. Las areolas son largas y delgadas, y se disponen en toda la superficie de la lámina.

Género *Glossopteris* Brongniart, 1828

Especie tipo: *Glossopteris browniana* Brongniart, 1828.

Glossopteris angustifolia Schimper, 1869

Lámina IV, fig. 2; Lámina V, fig. 2

Material: LPPB 14039; 14050; 14051 y 14078

Procedencia: Nivel Fosilífero P1

Descripción: Fragmento de hemilámina de bordes paralelos y base y ápice desconocidos. La hemilámina tiene en la sección media un ancho mínimo de 15 mm y presenta una vena media prominente, de ancho constante hasta el ápice. La venación secundaria parte de la vena media de forma decurrente, describiendo arcos acotados a los primeros milímetros inmediatos a la vena media y luego de forma recta hasta encontrar el margen con un ángulo de 40° respecto de esta. Las areolas son sustancialmente largas y muy estrechas, formadas por escasas dicotomizaciones, en el material estudiado se las observa en el sector proximal a la vena media.

Glossopteris wilsonii (Seward) Archangelsky, Archangelsky y Cúneo 1982

Lámina IV, fig. 4 y 5; Lámina V, fig. 1 y 3

Material: LPPB 14039; 14044; 14050; 14051; 14078 y 14083.

Procedencia: Niveles Fosilíferos P1, P2 y P3

Descripción: Fragmento de hemilámina de bordes paralelos y base y ápice desconocidos. La hemilámina tiene en la sección media un ancho de 21 mm y presenta una vena media prominente, que se angosta suavemente hacia el ápice. La venación secundaria parte de la vena media de forma decurrente, describiendo arcos amplios en el primer tercio de la hemilámina y luego de forma recta hasta encontrar el margen con un ángulo de 60° respecto de la vena media. Las areolas son largas y muy estrechas, formadas por dicotomizaciones concentradas en el sector proximal a la vena media.

Discusión: Aunque no se hallaron ejemplares completos donde se pueda tener constancia de la dimensión y forma de las frondes, los patrones de venación, la morfología de las venas medias y la distribución de las dicotomizaciones, permitieron arribar a una asignación específica para cada grupo de ejemplares.

En el caso de *Gangamopteris obovata* la presencia de un surco central de 2 a 3 haces que recorren la lámina desde la base al ápice, además de una zona media donde muchos haces se disponen paralelos al surco central y que a su vez se dicotomizan antes de curvarse hacia los lados de la lámina; son características clave que permiten definir esta especie.

Para distinguir los ejemplares de venación paralela, con vena media conspicua y muy escasa anastomosis, se optó por seguir el criterio de Archangelsky et al. (1981) y denominar *Glossopteris wilsonii* aquellos cuya venación secundaria parte de la vena central describiendo una curva suave que ocupa el primer tercio del recorrido hasta el margen y se rectifican con un ángulo cercano a 60°. En tanto que los ejemplares donde la venación secundaria parte con una curvatura notablemente más estrecha y rectifican en un ángulo cercano a 40° cuales presentan ligeramente más escasa anastomosis se denominaron *Glossopteris angustifolia*.

Lámina I: *Paracalamites australis*.

1. Ejemplar LPPB 14081. **Escala:** 2 cm.
2. Ejemplar LPPB 14051. **Escala:** 1 cm.
3. Ejemplar LPPB 14061. **Escala:** 2 cm.
4. Ejemplar LPPB 14084. **Escala:** 2 cm.
5. Ejemplar LPPB 14040. **Escala:** 1 cm.

Lámina I

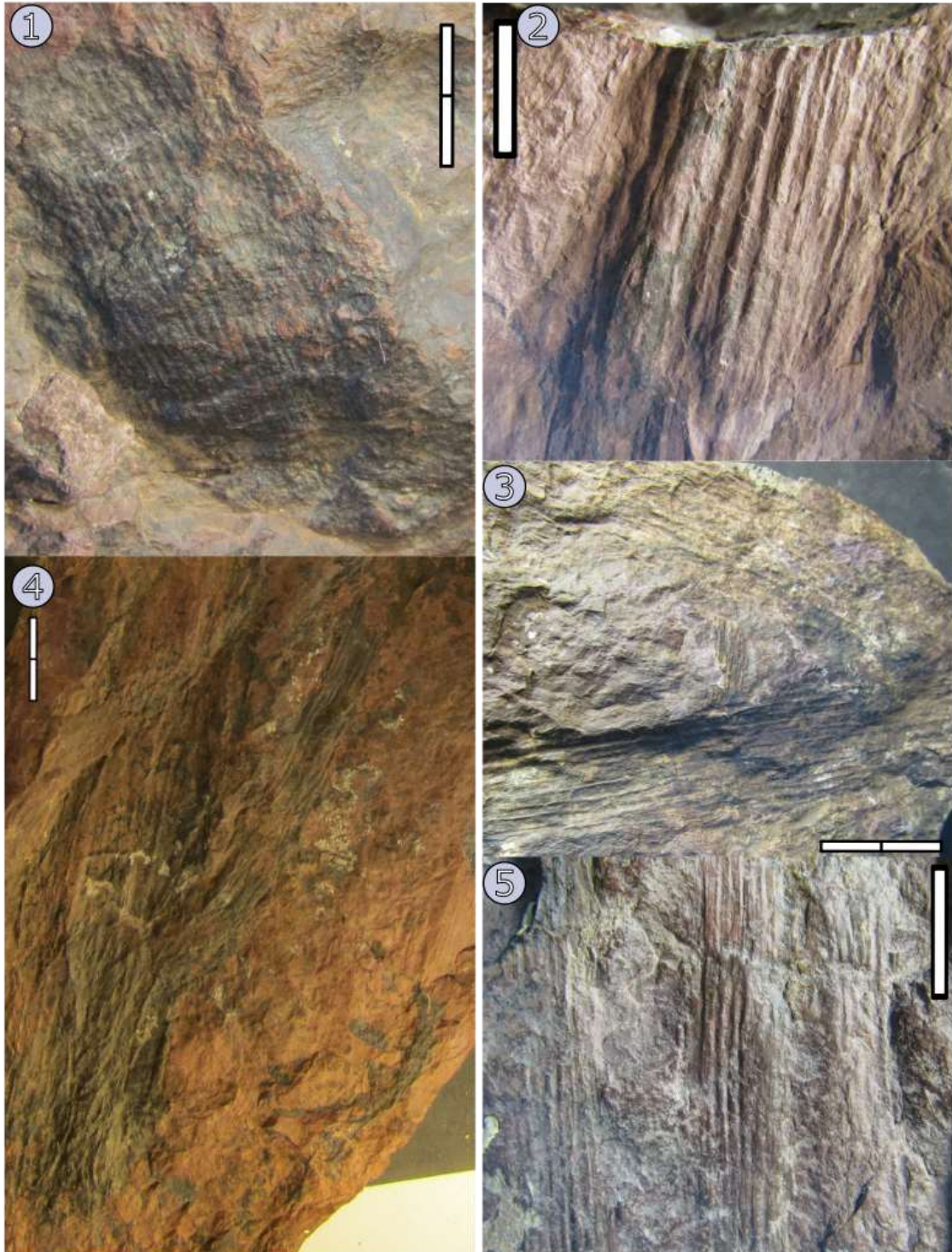


Lámina II: *Asterotheca* sp.

1. Ejemplar LPPB 14071. **Escala:** 2 mm.
2. Ejemplar LPPB 14046. **Escala:** 5 mm.
3. Ejemplar LPPB 14043. **Escala:** 2 mm.
4. Ejemplar LPPB 14057. **Escala:** 2 mm.
5. Ejemplar LPPB 14071. **Escala:** 2 mm.

Lámina II

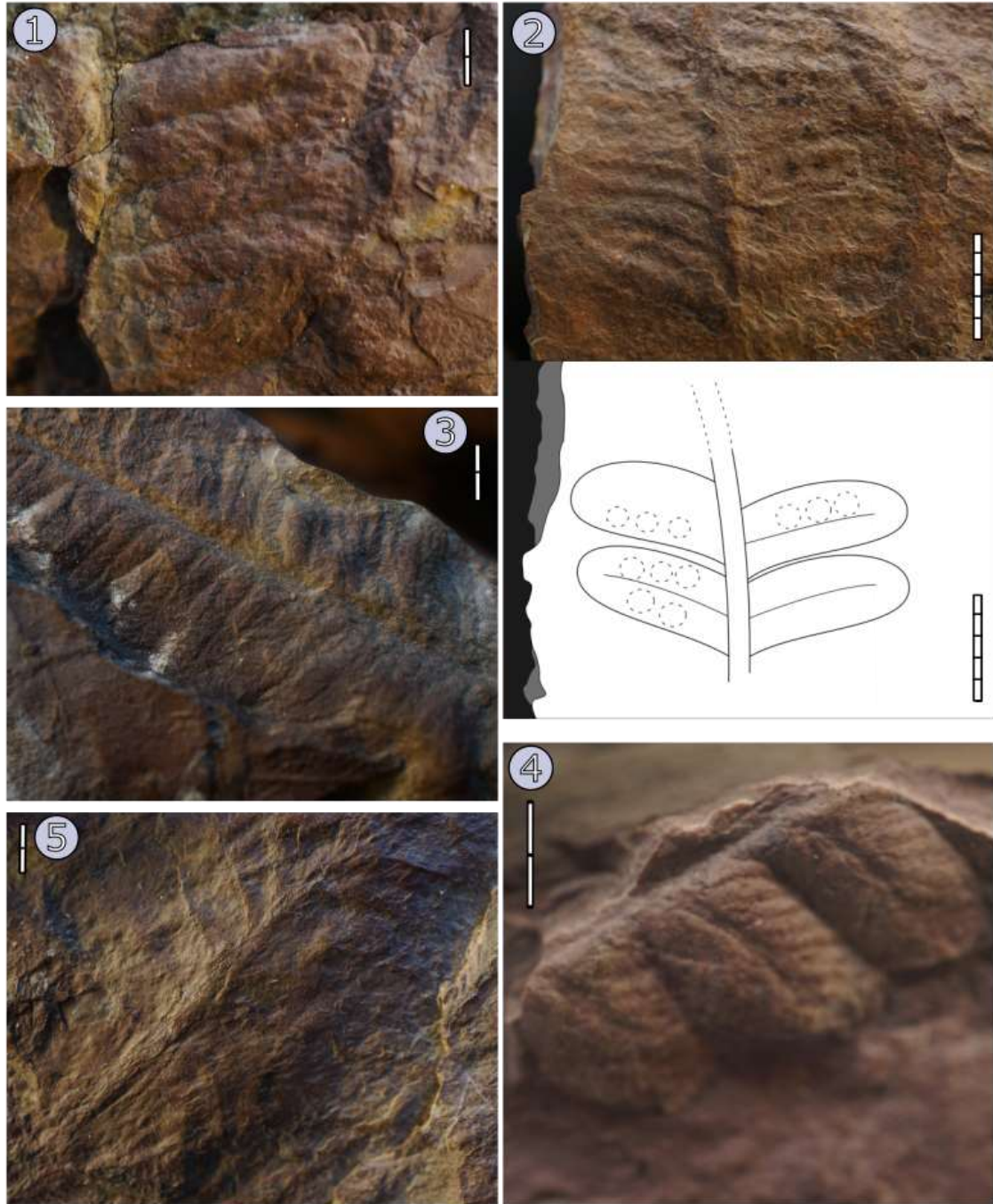


Lámina III: *Asterotheca* sp.

1. Ejemplar LPPB 14069. **Escala:** 4 mm.
2. Ejemplar LPPB 14070. **Escala:** 4 mm.
3. Ejemplar LPPB 14060. **Escala:** 2 mm.
4. Ejemplar LPPB 14068. **Escala:** 2 mm.

Lámina III

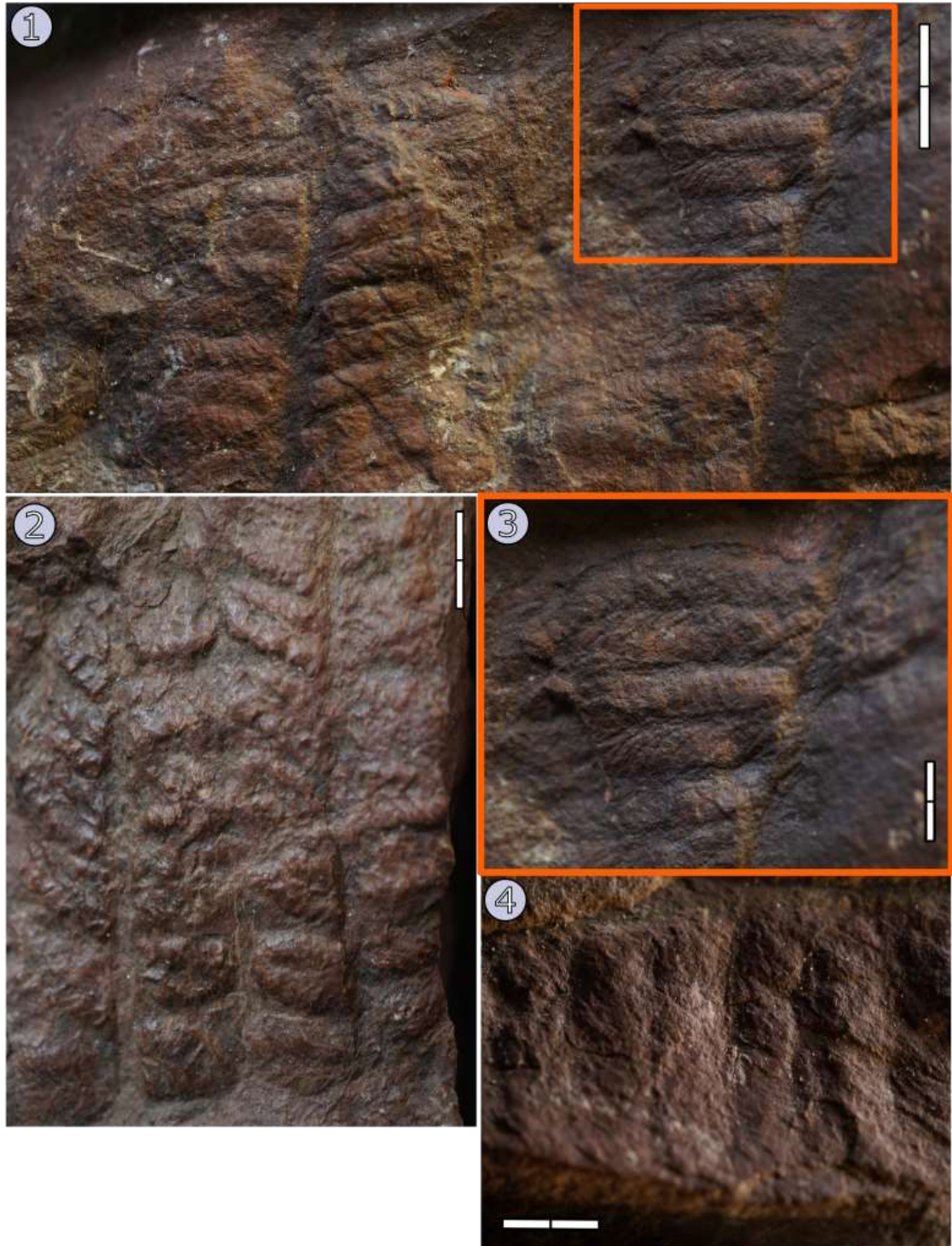


Lámina IV.

1. *Gangamopteris obovata*, Ejemplar LPPB 14039. **Escala:** 1 cm.
2. *Glossopteris angustifolia*, Ejemplar LPPB 14039. **Escala:** 1 cm.
3. *Gangamopteris obovata*, Ejemplar LPPB 14053. **Escala:** 1 cm.
4. *Glossopteris wilsonii*, detalle de la venación del Ejemplar LPPB 14082. **Escala:** 1 cm.
5. *Glossopteris wilsonii*, Ejemplar LPPB 14082. **Escala:** 2 cm.

Lámina IV.

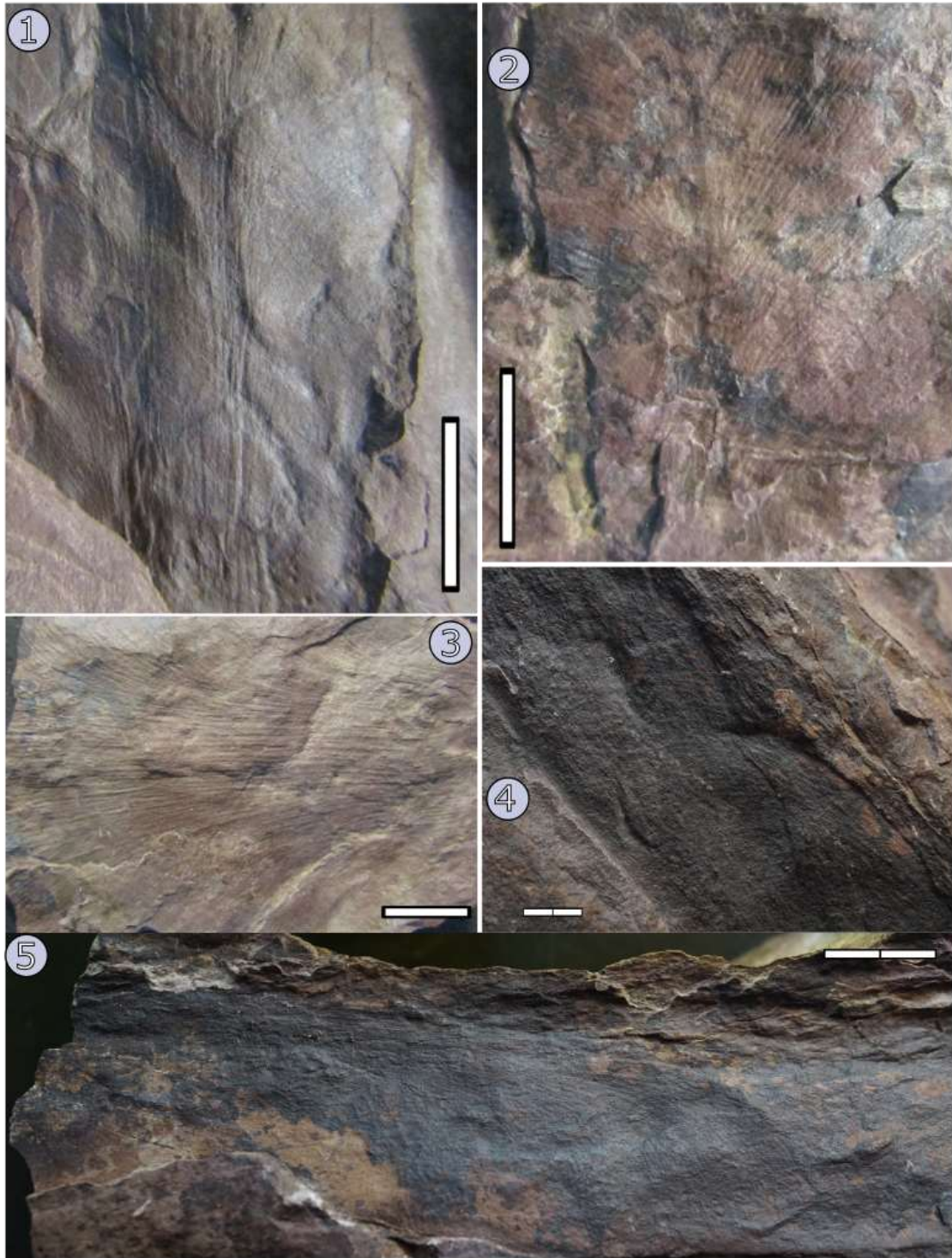
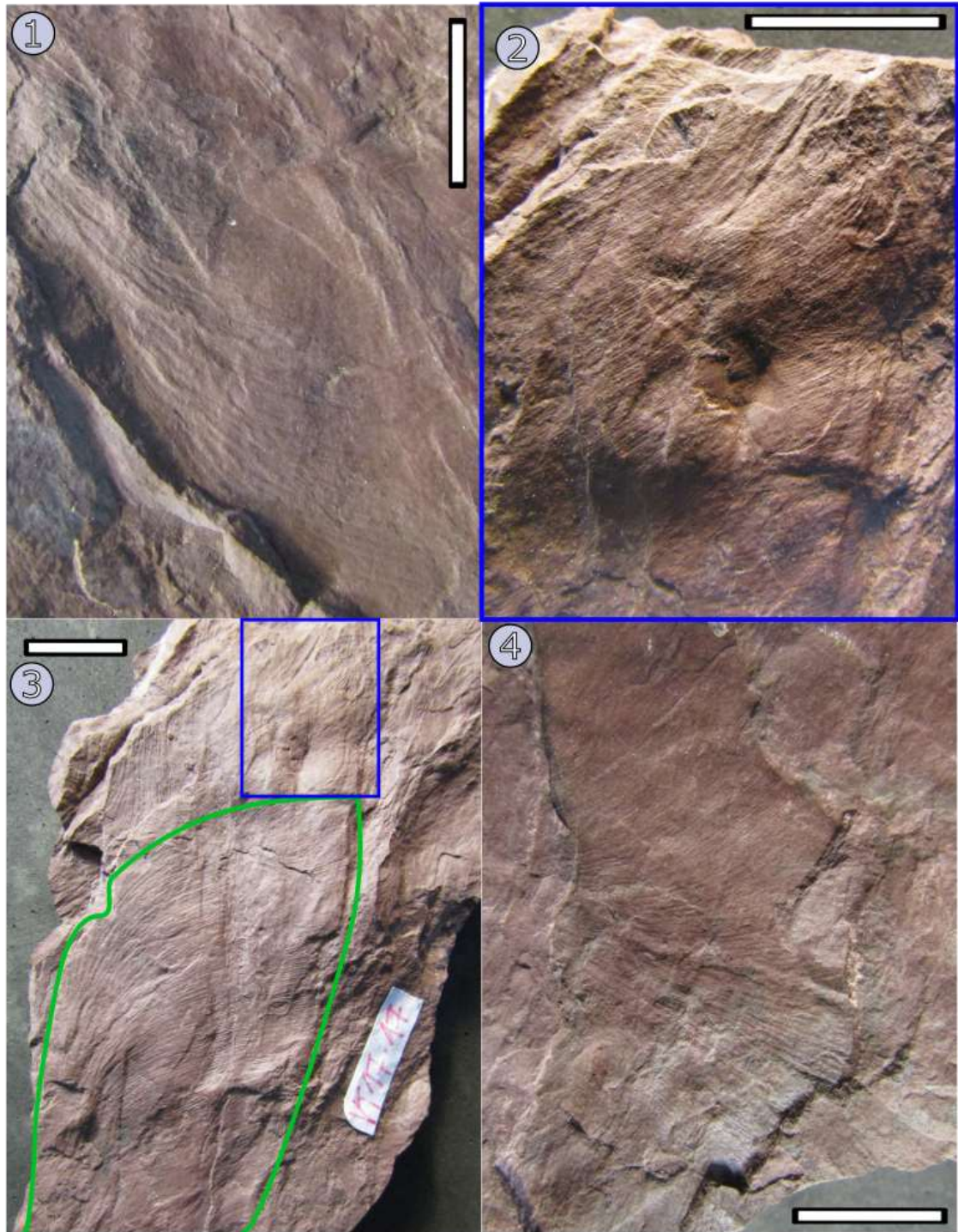


Lámina V.

1. *Glossopteris wilsonii*, Ejemplar LPPB 14042. **Escala:** 1 cm.
2. *Glossopteris angustifolia*, detalle del Ejemplar LPPB 14059. **Escala:** 1 cm.
3. *Glossopteris wilsonii* (en verde), Ejemplar LPPB 14059. **Escala:** 1 cm.
4. *Gangamopteris obovata*, Ejemplar LPPB 14039. **Escala:** 1 cm.

Lámina V.



DISCUSIÓN

Tafonomía

Los ejemplares fósiles encontrados en Formación Tunas se hallan conservados en su totalidad como impresiones sin presentar en ningún caso material original (Taylor et al., 2009). Esto se relaciona con el hecho de que solo encuentren en las facies heterolíticas, donde predominan las granulometrías finas (areniscas muy finas a limo-arcillosas) que permiten la retención de caracteres ante la pérdida del espécimen original. Dicha pérdida, se debe a procesos diagenéticos que afectaron a la litología portadora y generaron la migración de la materia orgánica a través de los planos de foliación presentes en la roca, tanto los que son producto de la depositación, como los producidos por los eventos deformacionales que la afectaron. Una clara evidencia de este proceso son las numerosas pátinas de material carbonoso que comparten planos y se superponen, frecuentemente, con las impresiones vegetales. Por otro lado, si bien la unidad ha alcanzado un grado metamórfico bajo (facies de esquistos verdes) de acuerdo a interpretaciones previas (von Gosen et al., 1990), es evidente que este proceso no habría alterado al material fósil aunque puede haber inducido la migración del material original.

El grado de fragmentación de los materiales, si bien notable y frecuente, no se debe a procesos bioestratinómicos, tales como la atrición o la depredación, sino que estaría relacionado tanto con la disposición de los planos de foliación en la matriz rocosa como con las técnicas de extracción de las que se dispuso. Ejemplificando lo primero, se puede mencionar que, aunque los materiales de *Glossopteridales* carecen de ápices, bases y no abundan láminas de ancho completo; estos se encuentran en asociación con raquis de pinna de helechos que portan todas sus pínulas e incluso con sucesivos raquis dispuestos en lo que pareciera su organización original respecto del raquis principal. Esto se explica por el hecho de que casi en la totalidad de los ejemplares de *Glossopteris*, la continuidad de las frondes se ve interrumpida por el escaso tamaño de las lajas extraídas.

A su vez, la imposibilidad de obtener muestras grandes está relacionada con los muestreos superficiales y el uso de herramientas de poco porte que no permiten mejorar la calidad de los afloramientos abarcados. Los intervalos de facies finas se encuentran parcial a completamente cubiertos por suelos de aplicación ganadera en los cuales tanto el retiro de la cobertura actual como la excesiva explotación del frente rocoso representa sin lugar a dudas, un impacto visual y especialmente un riesgo para la actividad económica de los propietarios.

Paleoecología y paleoambiente

Al analizar la sedimentología podemos ver que la sucesión estudiada representa depósitos que indican un paleoambiente transicional donde se reconocen evidencias fluviales, tales como formas canalizadas con predominio de areniscas y estructuras tractivas con paleocorrientes unidireccionales orientadas NE-SO y N-S. También son importantes los depósitos de planicie de inundación asociados a descargas de arena, aparentemente no vinculados a suelos desarrollados, pero con cierto grado de estabilidad que permitió el crecimiento de una cubierta vegetal. Es posible interpretar el desarrollo de barras deltaicas proximales que tendrían relación con la evolución de un sistema deltaico dominado por procesos fluviales y orientado N-S, tal como indica la información de subsuelo (Zavala et al. 2019). Además, la ausencia de bioturbación podría estar indicando stress deposicional relacionado con zonas de mezcla de aguas dulces y saladas (MacEachern et al., 2005).

La asociación paleoflorística indica un ambiente húmedo y estrecha relación con cursos fluviales y cuerpos de agua, donde la presencia de helechos resulta un aspecto crucial, ya que su condición de criptógamas y resultante dependencia del agua para reproducirse las vuelve índices de dichas condiciones. A su vez modelos recientes reconstruyen al individuo completo de *Glossopteris* como un árbol de gran porte, raíces con aerénquimas desarrollados y follaje caducifolio, adaptado a vivir en suelos anegados y fuertes cambios estacionales; resumiendo un análogo de los bosques de *Taxodium distichum* modernos (Mc Laughlin, 2011). Esto se condice con las observaciones de Arzadun et al. (2016), que, del estudio de niveles carbonosos encontrados en secciones no aflorantes de la Formación Tunas, a través de la perforación PANG0001 sobre el subsuelo de la cuenca de Claromecó; determinaron que dichos niveles se generaron a partir de materia orgánica proveniente de bosques húmedos pantanosos, donde fuertes fluctuaciones del nivel freático generaban alternancia de etapas secas y húmedas.

También se debe tener en cuenta que la falta de desarticulación de los ejemplares fósiles recuperados es indicador directo de escaso transporte, lo que sugiere que sus condiciones de vida y los ambientes deposicionales donde se encuentran representados hayan tenido una relación espacial estrecha.

Bioestratigrafía

CUENCA DE SAUCE GRANDE

La Formación Bonete muestra características sedimentológicas de un ambiente sedimentario de plataforma distal, debajo de la acción de oleaje en la base, que grada hacia plataforma proximal somera con patrones de paleocorrientes bimodales, intensa bioturbación y Fauna de *Eurydesma* (Furque, 1973; Harrington, 1980). Los depósitos muestran una continuidad progradante hacia la Fm. Tunas, donde la continentalización es evidente.

En cuanto a la paleoflora, en la Fm. Bonete es sustancialmente más abundante. Además de estar representadas mayor cantidad de morfogéneros de hojas de glossopterídeas, también aparecen sus estructuras reproductivas. También se han hallado Cordaitales y Coníferas sp.. Si bien la ausencia de estos géneros en la Fm. Tunas puede explicarse simplemente por la escasa prospección realizada, también pueden inferirse cambios ambientales. La desaparición de las Coníferas y Cordaitales y disminución en la diversidad de hojas de las Glossopteridales, sumado a la aparición de helechos y licófitas, podría estar relacionado con un mejoramiento de las condiciones locales, sea de humedad, de la que estos grupos son indicadores, además del incremento de temperatura que se infiere para el Pérmico temprano a medio en la región, que continúa en la aridización progresiva hacia el clímax permo-triásico (Scotese et al., 1999, Limarino et al., 2014) esto es sustentado por los análisis palinológicos realizados en perforaciones de la Cuenca de Claromecó (Balarino, 2012, 2014).

Respecto de la aparición de Helechos y Licópsidas en la Formación Tunas, que no se han encontrado en la Formación Bonete, podría explicarse como una respuesta ambiental, pero estaría indicando un ambiente con mayor humedad. Esto último se contrapone a la evidencia palinológica, sumado a que esta otorga evidencia indirecta de que estos géneros ya ocupaban la cuenca de Sauce Grande desde tiempos carboníferos (di Pasquo et al., 2008, Balarino 2014). Por esa razón una explicación alternativa sería que helechos y licófitas habitaron en la región durante la depositación de la Formación Bonete, pero no están representados en sus estratos por haber estado ubicados en sectores restringidos que no aportaron restos a esta unidad.

COMPARACIÓN CON OTRAS CUENCAS

Argentina

Las secuencias pérmicas portadoras de floras mejor conocidas para Argentina se hallan en las cuencas de La Golondrina, Tepuel Genoa, San Rafael, Paganzo y Carapacha. De allí, se compara con las Formaciones La Golondrina, Río Genoa, Arroyo Totoral, Bajo de Veliz y Carapacha (Tabla 2). En un primer vistazo se destaca la reducida diversidad específica que posee la Formación Tunas en comparación con las otras unidades (Tabla 2).

Tabla 2 Taxones presentes en cada unidad

Taxon		BO	TU	LG	CA	BV	AT	IM	RG	ME	YA	MA	RB
Briofitas	<i>Hepaticites sp.</i>						X						X
	<i>Musgos</i>												X
Licofitas	<i>Bumbudendron</i>			X					X				
	<i>Cyclodendron spp</i>		X	X							X		
	<i>Lycopodiopsis sp.</i>		x						X	x			X
	<i>Indet.</i>									x			
Sphenophytas	<i>Sphenophyllum spp.</i>			X					X		X		
	<i>Bowmanites</i>								X				
	<i>Paracalamites spp.</i>		X				x	X	X		X		X
	<i>Phyllothea spp.</i>	X		X	X	X	X		X			x	X
	<i>Annularia</i>			X		X			X				
	<i>Cruciaethea spp.</i>						X		X				
	<i>Notocalamites</i>												X
	<i>Giridia</i>												X
	<i>Schizoneura</i>									X			
Helechos	<i>Alloiopteris</i>								X				
	<i>Pecopteris</i>						x		X		X		
	<i>Asterotheca sp. /cf.andersoni</i>		X	X					X				
	<i>A. golondrinensis</i>			X					X				
	<i>A. piatnitzkyi</i>			X					X				
	<i>A. singeri</i>			X									
	<i>A. frenguelli</i>								X				
	<i>A. feruglioi</i>			X			X		X				
	<i>Dizeugotheca furcata</i>			X									
	<i>D. neuburgiae</i>			X									
	<i>D. waltoni</i>			X									
	<i>Neomariopteris</i>				X								
<i>Gymnospermas</i>													
Pteridos permas	<i>Nothorhacopteris</i>								X				
	<i>Botrychiopsis</i>						X		X				X

Gerónimo Otero – Bioestratigrafía de la Formación Tunas

	<i>Eusphenopteris/Sphe nopteris</i>						X		X				
	<i>Kladistamuos</i>			X									
Glossopteridales	<i>Gangamopteris angustifolia</i>	X		X								x	
	<i>G. obovata</i>	X		X			x	X	X	X			
	<i>G. intermedia</i>												X
	<i>G. rigbyi</i>												X
	<i>G. buriadica</i>												X
	<i>G. mosesii</i>												X
	<i>Glossopteris ampla</i>			X					X				X
	<i>G. angustifolia</i>	X	X								X		X
	<i>G. argentina</i>			X	X								
	<i>G. browniana</i>	X			X							x	X
	<i>G. communis</i>				X	X	X				X		X
	<i>G. conspicua</i>			X								x	
	<i>G. damudica</i>			X	X								
	<i>G. decipiens</i>	X										x	
	<i>G. euryneura</i>				X								
	<i>G. indica</i>	X	X			X						x	
	<i>G. obovata</i>		X										
	<i>G. occidentalis</i>						X	X					
	<i>G. pampeana</i>				X								
	<i>G. pandurata</i>				X								
	<i>G. retifera</i>			X		X							
	<i>G. riorastrensis</i>										X		
	<i>G. spathulo-cordata</i>												X
	<i>G. stipanicii</i>			X									
	<i>G. striata</i>										X		
	<i>G. stricta</i>			X									
	<i>G. taenioides</i>										X		X
	<i>G. tortuosa</i>				X		X						
	<i>G. wilsonii</i>		X		X		X		X	X			
	<i>Ottokaria</i>	X		X									X
	<i>Lanceolatus</i>	X											
	<i>Dictyopteridium</i>				X					X			
	<i>Arberia</i>			X			X						X
Cordaitales	<i>Cordaites spp.</i>	X		X			X		X	X	X		
Ginkgoales	<i>Ginkgoophyllum sp.</i>						X		X				
	<i>Polyspermopyllum</i>								X				
	<i>Velizia sp.</i>					X							
Coniferales	<i>Buriadia spp.</i>	X										X	
	<i>Ferugliocladius riojanus</i>						X						

Gerónimo Otero – Bioestratigrafía de la Formación Tunas

	<i>Ferugliocladus patagonicus</i>								X				
	<i>Ugartecladus</i>								X				
	<i>Genoites</i>								X				
	<i>Paranocladus</i>			X			X		X				
	<i>Cordaicarpus</i>			X		X	X	X	X				X
	<i>Samaropsis</i>					X	X		X				X
	<i>Otras coníferas</i>												X
Formaciones: Cuenca Sauce Grande Bonete (BO) y Tunas (TU); Cuenca La Golondrina, Fm. La Golondrina (LG); Cuenca Carapacha, Fm. Carapacha (CA); Cuenca Paganzo, Formaciones Bajo de Veliz (BdV) y Arroyo Totoral (AT); Cuenca San Rafael, Fm. El Imperial (IM); Cuenca Tepuel Genoa, Fm. Río Genoa (RG); Uruguay: Fm. Melo (ME) y Fm. Yaguarí (YA); Islas Malvinas (MA); Cuenca Paraná en Brasil, Fm. Río Bonito (RB)													

La Formación Tunas comparte la asociación de licófitas, esfenófitas, helechos y glossopteridales con La Golondrina y Tepuel Genoa, aunque la unidad santacruceña tiene una diversidad mucho mayor, y la asociación bonaerense representa apenas un 11% de la diversidad en La Golondrina. La similitud es mayor con la Fm. Río Genoa de la Cuenca Tepuel Genoa: en Chubut se describió la mitad de los taxones que presenta Tunas; el faltante más importante está representado por las coníferas, que dominan la asociación patagónica y están ausentes en Tunas. Las dos cuencas patagónicas (La Golondrina y Tepuel Genoa) presentan mayor diversidad dentro de los equisetos (con representantes de Equisetales y Sphenophyllales) y de los helechos (varias especies de *Asterotheca* y *Dizeugotheca*); es destacable que, mientras en La Golondrina las glossopteridales alcanzan una gran diversidad y abundancia, en Tepuel Genoa son más abundantes las coníferas. La Formación Río Genoa ha sido referida al Pérmico Temprano, mientras que la Fm. La Golondrina lo fue al Pérmico medio a tardío, y se destaca la “interpretación del territorio patagónico como una región con funcionamiento ecotonal durante el Pérmico temprano que permitió el intercambio florístico desde la región euroamericana hacia el Gondwana” (Césari et al., 2007).

Las cuencas restantes poseen menos taxones en común. Respecto de la Cuenca de Carapacha, la formación pampeana está empobrecida de taxones por la ausencia de marattiales, y difieren en general en las especies de equisetos y glossopteridales. Lo mismo ocurre con las unidades estratigráficas de la Cuenca Paganzo y San Rafael, comparten pocos taxones a nivel específico, y se diferencian la asociación por la ausencia de coníferas, cordaitales y austrocalixáceas en la Fm. Tunas. Estas unidades fueron asignadas a la Biozona de *Gangamopteris* del Asseliano-Sakmario (Archangel'sky et al., 1996b).

Tabla 3 Similitudes entre cuencas

Cuenca	Unidad	Taxones totales	Taxones compartidos		
			spp	%*	Grupos**
Sauce Grande	Fm. Bonete	11	1	14 / 9	Sph, Gl.
	Fm. Tunas	7	-	-	-
La Golondrina	Fm. La Golondrina	28	3	42 / 10	Lyc., Sph., Hel., Gl.,
San Rafael	Fm. El Imperial (sup)	4	1	14/25	Sph., Gl.
Carapacha	Fm. Carapachá	12	1	14 / 8	Sph., Gl.
Paganzo	Fm. Bajo de Veliz	8	1	14/12	Sph., Gl.
	Fm. Arroyo Totoral	20	1	14 / 5	Sph., Hel., Gl.
Tepuel Genoa	Fm. Río Genoa	30	4	57/13	Lyc., Sph., Hel., Gl.,
Gondwánica uruguaya (Paraná)	Fm. Melo	7	2	28/28	Lyc., Sph., Gl.
	Fm. Yaguarí	10	3	42/30	Lyc., Sph., Hel., Gl.
Islas Malvinas	Gr. Isla Soledad	7	2	28/28	Sph., Gl.
Paraná	Fm. Río Bonito	23	2	28/9	Lyc., Sph., Gl.

Referencias: * porcentaje de especies compartidas sobre el n de Tunas / porcentaje sobre el n de la unidad comparada; no se calcula con Karoo por las diferencias a nivel sistemático, especialmente de las Glossopteridales; **Grupos: Sphenophyta (Sph.), Helechos (Hel.), Lycophyta (Lyc.), Glossopteridales (Gl.), se computa la presencia del grupo.

Uruguay y Brasil

En la Cuenca Gondwánica Uruguaya, sector suroriental de la Cuenca Paraná cuyo mayor desarrollo está en Brasil, afloran dos formaciones pérmicas: Melo y Yaguarí. Ambas han sido poco estudiadas, pero al estado actual del conocimiento comparten taxones de licófitas arborescentes, glossopteridales, algunas esfenópsidas y hasta frondes pecopterídeas (reportadas para la Fm. Yaguarí) con la Fm. Tunas. La Flora de la Fm. Tunas es más similar a la de la Fm. Yaguarí, la cual está asignada al Pérmico tardío en base a sus fósiles (Herbst y Gutiérrez, 1995, y la discusión presentada en dicho trabajo). De Brasil, la Formación Río Bonito es característica del Pérmico temprano. Con ella, la Formación Tunas comparte dos taxones, y tienen apenas un 9% de afinidad.

Islas Malvinas y Sudáfrica

La flora fósil de Islas Malvinas fue estudiada por Halle (1912) y Seward y Walton (1923), comparte la cantidad de taxones descriptos con la Formación Tunas, y la presencia de esfenópsidas de tipo *Phyllothea australis* y glossopterídeas (*Glossopteris indica*), se diferencian porque la flora malvinense presenta coníferas (*Voltzia heterophylla*, probablemente *Buriadia heterophylla*) y carece de helechos. Es destacable que, en el caso de la cuenca Karoo de Sudáfrica, las unidades meridionales del Grupo Ecca (Whitehill y Waterford) poseen una flora

poco diversificada, comparable en la escasez de elementos florísticos con la Fm. Tunas, aunque presentan otros taxones de esfenofitas y glossopteridales; por el contrario, la mayor diversidad (~60 taxones) se da en los afloramientos del sector norte de la cuenca. El Karoo norte fue asignado al Pérmico inferior a medio, mientras que los depósitos del Sur fueron referidos al Pérmico medio a superior.

Discusión General

Se dan grandes equivalencias paleoflorísticas tanto al sur, con las unidades patagónicas, como al norte con Paraná, lo cual es esperable de una cuenca posicionada en el centro de Gondwana como lo era Sauce Grande. La gran similitud que existe entre las floras de Fm. Tunas y Fm. Yaguarí estaría reflejando una continuidad biogeográfica, en la cual las especies habitaban a ambos lados de las divisorias de aguas que una vez las separaron. Mientras que al comparar con las cuencas patagónicas se hace notorio que las floras sureñas poseen una diversidad muy grande e incluyen la mayoría de los taxones encontrados en Sierras Australes; señalando a la Cuenca de Sauce Grande como una región de confluencia entre las floras subtropicales de Paraná-Brasil y las patagónicas de posición peripolar. La notable diferencia en la diversidad de ambas floras puede deberse tanto a la paleogeografía y paleoambientes, como a factores tafonómicos.

Césari et al. (2017), propone al territorio patagónico como un nexo donde se superponen las paleofloras gondwánicas y euroasiáticas, por vía transantártica, pudiendo entonces explicar las magnitudes de ambas floras, tanto por asociación biogeográfica, como también por el hecho de que quizás ambas fueron igualmente diversas y las condiciones climáticas en las que se encontraban las cuencas patagónicas, habrían favorecido que la gran mayoría de los taxones quedaran representados en el registro. A diferencia de Sauce Grande donde temperaturas más elevadas y mayor humedad pudieron inducir la actividad biológica y de esta forma aumentar la degradación vegetal.

Cúneo (1996) propuso cinco etapas (I a V) para la sucesión bioestratigráfica del Pérmico de Gondwana. En ese trabajo, la Fm. Bonete se ubica en la Etapa III, y no se hace referencia a la Fm. Tunas. Más recientemente Cristiano De Souza y Ricardi Branco (2015) elaboran un trabajo donde enlazan las Etapas bioestratigráficas de Cúneo (1996) con las Etapas Climáticas de Limarino et al. (2014) y con tres fases florísticas que reconocen para la Cuenca Paraná: fases A, B y C. La Fase A coincide con la Etapa I de Cúneo (1996) y la Etapa Glacial Terminal de Limarino et al. (2014). Cristiano de Souza y Ricardi Branco (2015) señalan que sus fases B y C coinciden con la etapa Posglacial de Limarino et al. (2014). Ellos incluyen en la Fase B a las Etapas II y III, y en la Fase C a las etapas IV y V de Cúneo (1996). Pero, posteriormente, describen a las

condiciones ambientales en las que se desarrolló la Fase C como “secas y áridas”, y parte de esta fase coincide temporalmente con la Etapa Semiárida a Árida (ver en Cristiano da Souza y Ricardi Branco, 2015, Fig. 6). En las Etapas IV y V de Cúneo (1996) se encuentran las Formaciones Melo y Yaguarí, respectivamente, cuya flora es similar a la de la Fm. Tunas. De estos trabajos es destacable la observación de cómo a medida que avanza el Pérmico decrece la diversidad florística en el margen occidental de Gondwana (Cuenca Paganzo y aledañas), a la vez que incrementa la diversidad en el sector centro-occidental gondwánico de las cuencas intracratónicas de Paraná y Karoo.

Dentro de Gondwana, Cleal (2018) reconoce cuatro Zonas florísticas: Zona de *Botrychiopsis* (=II de Cúneo, 1996), Zona de *Gangamopteris* (=III de Cúneo, 1996), Zona de *Glossopteris* (=IV de Cúneo, 1996) y “Zona V” que se corresponde con la Etapa V de Cúneo (1996). La Zona de *Gangamopteris* representa a los esto representa los bosques formadores de turba con *Glossopterídeas*, *Cordaitales*, *Marattiales* y *Licófitas* que se desarrollaron a medida que los climas húmedos y templados se extendían por gran parte de Gondwana. En este esquema, las Formaciones Bonete y Tunas se encuentra en la Zona de *Gangamopteris*.

La sucesión bioestratigráfica pérmica de Sierra de la Ventana, representada por las Formaciones Bonete y Tunas, encontraría a sus pares más cercanos en las Formaciones Melo y Yaguarí del sur de la Cuenca Paraná en Uruguay. Dichas unidades litoestratigráficas han sido referidas por su megafloa al Pérmico Temprano a Medio (Fm. Melo) y Tardío (Fm. Yaguarí) (Herbst y Gutiérrez, 1995; Andreis et al., 1996; Cúneo, 1996; Cristiano da Souza y Ricardi Branco, 2015) .

Las dataciones radimétricas en la sección superior aflorante de la Fm. Tunas dan un punto de anclaje para la asociación florística de Sierra de la Ventana en el Sakmariano tardío-Artinskiano (Pérmico Inferior). Temporalmente las ubica en el Estadío Postglacial de Limarino et al. (2014), pero en la misma edad que las Etapas II y III de Cúneo (1996), y en la zona de *Gangamopteris* de Cleal (2018). La correlación de la flora pérmica de la provincia de Buenos Aires con la de Uruguay podría indicar que esta última tiene mayor antigüedad que la estimada hasta el momento o que la flora de Tunas en Sierra de la Ventana corresponde al punto de partida del incremento en la diversidad florística en el sector de las cuencas intracratónicas del oeste de Gondwana, el cual se habría dado en sentido Sur-Norte, y que posteriormente habría declinado al extender la aridez para dar pasaje a la Flora de *Glossopteris* (Cleal, 2018). Este pasaje podría observarse en la sección de subsuelo de la Formación Tunas descrito por Balarino (2012, 2014) y Beri et al. (2015) para la Cuenca Claromecó.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio sedimentológico y paleobotánico de la sección superior aflorante de la Formación Tunas contribuye a la comprensión de las condiciones paleoambientales que se dieron en el momento de la depositación de la secuencia sedimentaria, como también retoma el estudio de las paleofloras pérmicas en la Cuenca de Sauce Grande. Los resultados presentados en esta tesina indican que la asociación florística de la Formación Tunas es más diversa que la flora de la infrayacente Formación Bonete, y el análisis de la preservación apunta a que un mayor esfuerzo prospectivo podría proporcionar mejores ejemplares que estabilicen o incrementen la diversidad taxonómica de la unidad.

De acuerdo con este estudio, la Formación Tunas se ubica bioestratigráficamente en la Zona de *Gangamopteris* (Cleal, 2018). Cabe destacar que Cleal (2018) es crítico respecto de la metodología bioestratigráfica de compilación de inventarios macroflorísticos de las unidades litoestratigráficas, y la posterior comparación de estas unidades entre cuencas, porque puede inducir a argumentos circulares de correlación estratigráfica. El mismo autor concede que la existencia en las unidades pérmicas de apenas uno o dos niveles fosilíferos impide un análisis detallado como se ha realizado en el Carbonífero. Este tipo de análisis es común en las floras pérmicas de Argentina, y es de esa manera como se han catalogado sus floras, por lo que se mantuvo la metodología “clásica” para esta tesina. En el caso de la sección estudiada, en su extensión lateral y vertical tiene el potencial de brindar más niveles fosilíferos, que potencialmente permitan realizar estudios bioestratigráficos más robustos y establecer zonaciones macroflorísticas con una mejor resolución, comparable inclusive con las palinozonas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alessandretti, L., Philipp, R. P., Chemale, F., Brückmann, M. P., Zvirtes, G., Matté, V., & Ramos, V. A. (2013). Provenance, volcanic record, and tectonic setting of the Paleozoic Ventania Fold Belt and the Claromecó Foreland Basin: Implications on sedimentation and volcanism along the southwestern Gondwana margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 47, 12–31. doi:10.1016/j.jsames.2013.05.006
- Anderson, J.M., & H.M. Anderson. (1985). Paleoflora of Southern Africa. *Prodromus of South Africa megaflores, Devonian to Lower Carboniferous*. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Andreis, RR, Lluch LL, & Iñiguez AM (1979). Paleocorrientes y paleoambientes de las Formaciones Bonete y Tunas, Sierras Australes, provincia de Buenos Aires. *Actas, VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca 2* : 207—224.
- Andreis, R.R. & Cladera, G. (1992). Las epiclastitas pérmicas de la Cuenca Sauce Grande (Sierras Australes, Buenos Aires, Argentina). Parte 2: Emplazamiento geotectónico de las áreas de aporte. *Cuarta Reunión de Sedimentología, Actas 1*: 135-142, La Plata.
- Andreis, R.R. & Japas, M.S. (1996). Cuenca de Sauce Grande y Colorado. En Archangelsky, S. (ed) *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*. 12° International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy and Geology, Academia Nacional de Ciencias 1: 45-64, Córdoba.
- Andreis, R.R., Iñiguez Rodríguez, A.M., Lluch, J.J. & Rodríguez, S. (1989). Cuenca paleozoica de ventania. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (ed), *Cuencas sedimentarias argentinas. Serie Correlación Geológica 6*: 265-298, San Miguel de Tucumán.
- Archangelsky, A., (1999). Semillas del Paleozoico Superior de Argentina; su utilización bioestratigráfica. *Ameghiniana* 36, 465-476.
- Archangelsky, S. & Cúneo, N.R. (1987). *Ferugliocladaeae*, a new conifer family from the Permian of Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. 51, no1-3, pp. 3-30
- Archangelsky, S. & Cúneo, R (1986). *Corynepteris australis* nov. sp. primer registro de una Coenopterid en el Pérmico Inferior de Chubut, Argentina. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Mendoza), *Actas 1*: 177-185.
- Archangelsky, S. & Cúneo, R. (1984). Zonación del Pérmico continental de Argentina sobre la base de sus plantas fósiles. 3° Congreso Latinoamericano Paleontológico, *Memoria*: 143-153, México.
- Archangelsky, S. (1958). Estudio geológico y paleontológico del Bajo de la Leona (Santa Cruz). *Acta Geológica Lilloana* 2: 5-133.

- Archangelsky, S. (Ed.), (1996). El sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba), 427 pp.
- Archangelsky, S., Archangelsky, A. & Cúneo, R. (1981). Algunos elementos paleoflorísticos de las Fs. Piedra Shotel y Nueva Lubecka, Pérmico inferior, Estancia La Casilda, Provincia de Chubut. *Ameghiniana* 18 (3-4): 207-220.
- Archangelsky, S., González, C.R., Cúneo (N.R. Sabattini, N., Césari, S.N., Aceñolaza F.G., García G.B., Buatois L.A., Ottone E.G., Mazzoni A., Hünicken M.A. y Gutiérrez P.R.). (1996b). Paleontología, bioestratigrafía y paleoecología de las Cuencas Paganzo, Calingasta-Uspallata, Río Blanco y San Rafael. En: ARCHANGELSKY (S.), ed., El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay, Academia Nacional de Ciencias, pp. 177-201. Córdoba.
- Arrondo, O.G. & Petriella, B. T. (1982). Plantas fósiles de los sedimentos neopaleozoicos aflorantes en la zona interserrana de la provincia de Buenos Aires. Reunión de comunicaciones Project 42-IGCP Paleozoico Superior de América del Sur y sus límites, Boletín 5: 19, Montevideo.
- Arzadún, G., Cisternas, M.E., Cesaretti, N.N. & Tomezzoli, R.N. (2016). Análisis de materia orgánica en niveles de carbón identificados en el pozo PANG0001, en la Formación Tunas (Pérmico de Gondwana), Cuenca de Claromecó, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73.
- Arzadún, G., Tomezzoli, R.N., Trindade, R., Gallo, L.C., Cesaretti, N.N., & Calvagno, J.M. (2018). Shrimp zircon geochronology constrains on Permian pyroclastic levels, Claromecó Basin, South West margin of Gondwana, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Austin, L., Escapa, I. & Cúneo R. (2008). Revisión de elementos paleoflorísticos de la Formación Arroyo Totoral (Pérmico Inferior), Provincia de La Rioja, Argentina. In: V SIMPOSIO ARGENTINO DEL PALEOZOICO SUPERIOR. Resúmenes. Buenos Aires, P. 1.
- Balarino, M.L. (2012) Palinología del Pérmico de la Cuenca Claromecó-Colorado, Argentina. *Ameghiniana*, 49, 343– 364.
- Balarino, M. L. (2014). Permian palynostratigraphy of the Claromecó Basin, Argentina. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 38(3), 317–337.
- Ballivián Justiniano, C. A., Basei, M. A. S., Sato, A. M., González, P. D., Benítez, M. E., & Lanfranchini, M. E. (2019). The Neoproterozoic basement of the Sauce Chico Inlier (Ventania System): Geochemistry and U–Pb geochronology of igneous rocks with African lineage in central-eastern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 102391.
- Ballivián Justiniano, C. A., Lanfranchini, M. E., Recio, C., de Barrio, R. E., Sato, A. M., Basei, M. A. S., & ... Tassinari, C. C. G. (2017). Geology and petrogenetic considerations of the Loma Marcelo skarn, Neoproterozoic basement of the Ventania System, Argentina. *Precambrian Research*, 302, 358–380.

- Bamford, M. K. (2004). Diversity of the Woody Vegetation of Gondwanan Southern Africa. *Gondwana Research*, 7(1), 153–164.
- Bellosi, E.S., & Jalfin, G.A. (1989). Cuencas neopaleozoicas de la Patagonia extraandina e Islas Malvinas. In: Chebli, G., Spalletti, L. (Eds.), *Cuencas Sedimentarias*. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica, Tucumán, vol. 6, pp. 379–394.
- Beri, Á., Gutiérrez, P. R., & Balarino, M. L. (2015). The late Paleozoic palynological diversity in southernmost Paraná (Uruguay), Claromecó and Paganzo basins (Argentina), Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 64, 183–189.
- Bernardes de Oliveira, M.E.C. (1977). Frutificações de pteridospermófitas eogondvânicas da camada Irapuá, Formação Rio Bonito, nos arredores de Criciúma, SC. En: *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, 986-1001.
- Boardman, D.R., & Iannuzzi, R. (2010). Presence of the genus *Giridia* in the Paraná Basin (Lower Permian, Rio Bonito Formation). *Revista Brasileira de Paleontologia* 13, 5–12.
- Borrello, A. V., Cingolani, C. A., & Méndez, E. J. (1969): Bosquejo geotectónico del territorio bonaerense y zonas adyacentes. *Actas de las IV Jornadas Geológicas Argentinas*, Mendoza: 91-97.
- Césari, S. N. (2007). Paleozoico Superior de Argentina un registro fosilífero integral en el Gondwana occidental. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 11(1).
- Christiano-de-Souza, I. C., & Ricardi-Branco, F. S. (2015). Study of the West Gondwana Floras during the Late Paleozoic: A paleogeographic approach in the Paraná Basin – Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 426, 159–169.
- Cingolani, C.A., C.M. Berry, E. Morel, & R. Tomezzoli. (2002). Middle Devonian lycopsids from high southern palaeolatitudes of Gondwana (Argentina). *Geological Magazine* 139: 641–649.
- Cleal, C. J. (2018). A global review of Permian macrofloral biostratigraphical schemes. *Geological Society, London, Special Publications*, 450(1), 349–364.
- Coturel, E.P. & Gutiérrez, P.R. (2017). New floral elements from the Cisuralian Arroyo Totoral formation (La Rioja province, Argentina). 4th International Palaeontological Congress, Mendoza, Argentina p. 688
- Cúneo, R. (1985). Ejemplares fértiles de *Genoites* patagónica *Feruglio* (Buriadeaceae, Coniferopsida?) del Pérmico de Chubut, República Argentina. *Ameghiniana* 22: 269-279.
- Cúneo, N.R. (1991). La tafoflora de la Formación Mojón de Hierro (Grupo Tepuel) en la localidad Arroyo Garrido, Paleozoico superior, provincia de Chubut. *Ameghiniana* 27(3-4): 225-238. Buenos Aires.
- Cúneo, N. R. (1996). Permian phytogeography in Gondwana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 125(1), 75–104.

- Cúneo, R., Isbell, J., Taylor, E.L. & Taylor, T.N. (1993). The Glossopteris Flora from Antarctica: taphonomy and paleoecology. In: S. Archangelsky (Editor), C. R. 12th Int. Congr. Carboniferous-Permian Stratigr. Geol., 2, pp. 13-40.
- D'Agrella-Filho, M. S., Tohver, E., Santos, J. O. S., Elming, S.-Å., Trindade, R. I. F., Pacca, I. I. G., & Geraldies, M. C. (2008). Direct dating of paleomagnetic results from Precambrian sediments in the Amazon craton: Evidence for Grenvillian emplacement of exotic crust in SE Appalachians of North America. *Earth and Planetary Science Letters*, 267(1-2), 188–199.
- Degani-Schmidt, I., & Guerra-Sommer, M. (2019). Epidermal morphology of the cordaitalean leaf *Noeggerathiopsis brasiliensis* nom. nov. from the southern Paraná Basin (Lower Permian, Rio Bonito Formation) and paleoenvironmental considerations. *Brazilian Journal of Geology*, 49(2).
- Degani-Schmidt, I., & Guerra-Sommer, M. (2016). Charcoalified Agathoxylon-type wood with preserved secondary phloem from the lower Permian of the Brazilian Parana Basin. *Review of Palaeobotany and Palynology* 226, 20– 29.
- Di Pasquo, M., Martínez, M.A. & Freije, H. 2008. Primer registro palinológico de la Formación Sauce Grande (Pennsylvaniano-Cisuraliano) en las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 45: 69–81
- Du Toit, A.L., (1927). Geological Comparison of South America with South Africa. Vol. 318. Carnegie Institute Washington, Publication, pp. 1e157.
- Durán, M., Hunicken M. A., & Antón A. M. (1997). Novedosos hallazgos de sphenopsida en la Formación Bajo de Véliz, Provincia de San Luis, Argentina. *Ameghiniana*, 34 (3): 259-264. Buenos Aires, 30-9-97.
- Espejo, I. & Césari, S. (1987). Primer hallazgo de flora pérmica en la Cuenca de San Rafael. *Rev. Asoc. Geol. Argent.*, 42: 472 474.
- Frakes, L. A., & Crowell, J. C. (1969). Late Paleozoic Glaciation: I, South America. *Geological Society of America Bulletin*, 80(6), 1007.
- García, G. B. (1990). Escolecodontes de la Formación El Imperial (Paleozoico superior), Cuenca San Rafael, República Argentina. *Ameghiniana*, 27 (1-2): 29-38. Buenos Aires.
- Gibling, M.R., Nanson, G.G., & Marouils, J.C. (1998). Anastomosing river sedimentation in the Channel Country of central Australia: *Sedimentology*, v. 45, p. 595–619.
- Halle TG (1912). On the geological structure and history of the Falkland Islands. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala* 11: 115-229
- Harrington, H.J. (1934). Sobre la presencia de restos de la flora de Glossopteris en las Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista Museo de La Plata* 34: 303-338.
- Harrington, HJ. (1947) Explicación de las Hojas 33m y 34m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Boletín Dirección Nacional de Geología y Minería*, 61, Buenos Aires.

- Harrington, H.J. (1955). The Permian Eurydesma fauna of the eastern Argentina. *Journal of Paleontology* 29, 112e128.
- Harrington, H.J. (1970). Las Sierras Australes de Buenos Aires, República Argentina: Cadena Aulacogénica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 151-181.
- Harrington, H.J. (1972). Silurian of Paraguay; in W.B.N. Berry y A.J. Boucot (eds.) *Correlation of the South American Silurian Rocks*, p. 41-50.
- Herbst, R., & Gutiérrez, P. R. (1995). *Cyclodendron andreisii* nov. Sp. (Lycopodiopsidaceae, Lycopphyta) del Pérmico Superior de Uruguay. *Ameghiniana*, 32(2), 141-150.
- Iñiguez AM, Andreis RR, & Zalba PE (1988) Eventos piroclásticos en la Formación Tunas (Pérmico), Sierras Australes, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Actas, II Jornadas Geológicas Bonaerenses, Bahía Blanca*, pp 383—395.
- Jalfin, G., Cúneo, R. & Archangelsky, S., 1990. Paleoambientes, paleobotánica y bioestratigrafía de la Formación La Golondrina en la localidad Dos Hermanos, Pérmico superior, Santa Cruz, Argentina. In: *Annu. Meet. Working Group, Proj. 211-IGCP, Abstr.*, pp. 18 20.
- Jasper, A., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., & Iannuzzi, R. (2005). Biostratigraphic and palaeoclimatic significance of Botrychiopsis fronds in Gondwana realm. *Proceedings of XV ICCP (GE 03-10.291): MS ICCPXV-21*(accepted for publication, in press).
- Jasper, A., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., & Menegat, R. (2003). The Botrychiopsis genus and its biostratigraphic implication in Southern Parana Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 75 (4), 513–535.
- Kenrick, P. & Crane, P. R. (1997). The origin and early evolution of plants on land. *Nature* 389, 33–39.
- Kilmurray, J. O. (1975). Las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. *Las Fases de deformacion y nueva interpretacion estratigrafica*. - *Asoc. Geol. Arg. Revista*, 30, 4, 331–348, Buenos Aires.
- Limarino, C. O., Césari, S. N., Spalletti, L. A., Taboada, A. C., Isbell, J. L., Geuna, S., & Gulbranson, E. L. (2014). A paleoclimatic review of southern South America during the late Paleozoic: A record from icehouse to extreme greenhouse conditions. *Gondwana Research*, 25(4), 1396–1421.
- López-Gamundí, O., Fildani, A., Weislogel, A. & Rossello, E. (2013). The age of the Tunas formation in the Sauce Grande basin-Ventana foldbelt (Argentina): Implications for the Permian evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 250-258.
- López-Gamundí, O.R., & Rossello, E.A. (1998). Basin fill evolution and palaeotectonic patterns along the Samfrau geosyncline: the Sauce Grande basine Ventana foldbelt (Argentina) and Karoo basine Cape foldbelt (South Africa). *Geologische Rundschau* 86, 819e834.
- MacEachern, J.A.; Bann, K.L.; Bhattacharya, J.P.; & Howell, C.D. (2005). Ichnology of deltas. In *River Deltas-Concepts, Models, and Examples* (Giosan, L.; Bhattacharya, J.P.; editors). *Society for Sedimentary Geology Special Publication* 83: 49-86.

- Martinsen, O.J. (1990). Fluvial, inertia-dominated deltaic deposition in the Namurian (Carboniferous) of northern England. *Sedimentology* 37: 1099-1113.
- Massabie, A., & Rossello, E. (1984). La discordancia pre-Formación Sauce Grande y su entorno estratigráfico, Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. In: 9° Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, Actas, vol. 1, 337–352.
- Melchor, R.N. (1990). Sedimentitas plantíferas eopérmicas de la Formación Carapacho en las cercanías de Puelches, provincia de la Pampa. Análisis paleoambiental e importancia. 3 reunión Argentina de Sedimentología, Actas, 366–371.
- Melchor, R. N. & Césari, S. (1997). Permian floras from Carapacha Basin, Central Argentina. Description and importance. *Geobios* 30: 607-633.
- Miall, A.D. (2006). The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology 4th corrected printing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 582 pp.
- Morel, E., & Gutiérrez, P.R. 2000. *Malanzania nana* Archangelsky, Azcuy y Wagner (Lycophyta) en el Carbonífero Superior de Buenos Aires, Cuenca Claromecó, Argentina. *Ameghiniana* 37: 247–250.
- Bodenbender, G. (1895). El terremoto argentino del 27 de octubre de 1894: Córdoba. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 48 p.
- Pángaro, F., Ramos, V.A., & Pazos, P.J. (2015). The Hesperides Basin: a continental-scale upper Palaeozoic to Triassic basin in southern Gondwana. *Basin Research* 27, 1 - 27.
- Petriella, B., & Arrondo, O. (1985). El género *Kurtzia* Frenguelli: Su morfología y vinculaciones. *Ameghiniana*, 19(3-4), 209-215.
- Pulham, A.J. (1989). Controls on internal structure and architecture of sandstone bodies within Upper Carboniferous fluvial-dominated deltas, County Clare, western Ireland. In *Deltas: Sites and Traps for Fossil Fuels* (Whateley, M.K.G.; Pickering, K.T.; editors). Geological Society, Special Publication 41: 179-203.
- Ramos, V.A., Chemale, F., Naipauer, M. & Pazos, P.J. (2014). A provenance study of the Paleozoic Ventania System (Argentina): Transient complex sources from Western and Eastern Gondwana. *Gondwana Research* 26: 719-740.
- Rigby, J.F. (1966). The Lower Gondwana Floras of the Perth and Collie Basins, Western Australia. *Palaeontographica Abt. B* 118 (4-6): 123-126.
- Ruckwied, K., Götz, A. E., & Jones, P. (2014). Palynological records of the Permian Eccla Group (South Africa): Utilizing climatic icehouse–greenhouse signals for cross basin correlations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 413, 167–172
- Ruiz, L. & Manera de Bianco, T. (1985). Presencia de restos de Lycopsidas arborescentes en Las Mostazas, Paleozoico Superior de las Sierras Australes, Provincia de Buenos Aires. Primeras Jornadas

- Geológicas Bonaerenses, Tandil. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 217p., Buenos Aires.
- Sato, A.M., Comerio, M.A., Morel, E.M., Coturel, E.P., Ballivián Justiniano, C.A., Gómez Samus, M., Ganuza, D.G., Naipauer, M. & Galone, L. (2017). Hallazgo del género *Asterotheca* en niveles superiores de la Formación Tunas, cuenca Sauce Grande Caracterización e implicancias dentro de Gondwana. En XX Congreso Geológico Argentino. Sesión Técnica 6: 43-48.
- Sato, A.M., Llambías, E.J., Basei, M.A.S., & Castro, C.A. (2015). Three stages in the Late Paleozoic to Triassic magmatism of southwestern Gondwana, and the relationships with the volcanogenic events in coeval basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 63, 48-69.
- Schiller, W. (1930): Investigaciones geológicas en las montañas del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. *Anales del Museo La Plata*, IV: 9-101.
- Scotese, C.R., Boucot, A.J. & McKerrow, W.S. 1999. Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. *Journal of African Earth Sciences* 28: 99–114.
- Seward, A. C., & Walton, J. (1923). On a collection of fossil plants from the Falkland Islands. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 79(1-4), 313-333.
- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. & P.G. Wolf. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon* 55: 705-731.
- Suero, T. (1972). Compilación geológica de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Anales, LEMIT, La Plata* 3, 135-147.
- Taboada, A.C., Peixoto Neves, J., Weinschütz, L.C., Pagani, M.A. & Guimarães Simões, M. (2016). *Eurydesma-Lyonia* fauna (Early Permian) from the Itararé Group, Paraná basin (Brazil): A paleobiogeographic W-E trans-Gondwanan marine connection. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* 449: 431-454.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. & M. Krings. (2009). *Paleobotany, The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Second Edition, Academic Press, Amsterdam, 1230 pp.
- Tomezzoli, R.N. (1999). Edad de la sedimentación y deformación de la Formación Tunas en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires (37°-39°S-61°-63°W). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 220-228.
- Tomezzoli, R.N. (2001). Further palaeomagnetic results from the Sierras Australes fold and thrust belt, Argentina. *Geophysical Journal International* 147, 356-366.
- Tomezzoli, R.N. & Cristallini, E.O. (2004). Secciones estructurales de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires: repetición de la secuencia estratigráfica a partir de fallas inversas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 330-340.

- Tomezzoli, R. N., Tickyj, H., Rapalini, A. E., Gallo, L. C., Cristallini, E. O., Arzadún, G., & Chemale, F. (2018). Gondwana's Apparent Polar Wander Path during the Permian-new insights from South America. *Scientific Reports*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25873-z>
- Tomezzoli, R.N. & Vilas, J.F. (1999). Paleomagnetic constraints on age of deformation of the Sierras Australes thrust and fold belt, Argentina. *Geophysical Journal International* 138: 857-870.
- Tryon, R. 1960. A glossary of some terms relating to the fern leaf. *Taxon*, 9(4): 104–109.
- Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., Knapp, S., Kusber, W.-H., Li, D.-Z., Marhold, K., May, T. W., McNeill, J., Monro, A. M., Prado, J., Price, M. J. & Smith, G. F. (eds.) (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books.
- von Gosen, W., Buggisch, W., & Dimieri, L. V. (1990). Structural and metamorphic evolution of the Sierras Australes (Buenos Aires Province, Argentina). *Geologische Rundschau* 79, 797-821.
- Winn, R. D., & Steinmetz, J. C. (1998). Upper Paleozoic strata of the Chaco-Paranábasin, Argentina, and the great Gondwana glaciation. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(2), 153–168.
- Zavala, C., Torresi, A., Zorzano, A., Arcuri, M., & Di Meglio, M. (2019). Análisis sedimentológico y estratigráfico de la Formación Tunas (Pérmico, Cuenca de Claromecó). Estudio de subsuelo de los pozos PANG0001 y PANG0003. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. En prensa.
- Zavala, C.A., Santiago, M.F. & Amaolo, G.E. (1993). Depósitos fluviales en la Formación Tunas (Pérmico), Cuenca Paleozoica de Ventana, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48: 307-316.